

子供の語彙獲得戦略のモデル化に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、認知発達科学の分野で、子供の語彙獲得に必要な能力について議論が高まっており、子供は様々な言語の元となる能力を持つ事が実験や観察報告により示されている。しかし、脳内における語彙獲得の計算論について、実験事実と対応した議論はほとんどない。よって本研究ではニューラルネットワークシミュレーションと統計モデルによるデータ解析手法を用いて、子供が語彙学習において実際に直面する場面でどのような計算がなされているのか、またどのように発達変化して行くのかについて明らかにした。

子供にとって、その環境下で話されている言葉の学習は容易ではない。それは発せられた単語が視覚中における複数の属性のうちどの属性に対して名前がつけられているのか、またどのような分類に属するものであるか、という情報が必要であるにもかかわらず明示的には与えられないためである。この問題に対して子供は、語彙獲得バイアスとも呼ばれる様々なメタ学習戦略を利用しており、それらは個々の子供の発達の過程で形成されるものである事が実験報告からわかっている。この事実から本研究では、子供の語彙獲得能力の発達には多くのメタレベルのルール獲得によっていると考える。本論文ではこのメタレベルの学習について、第 1 にメタ情報の一つである文脈の学習信頼性の効果について、ニューラルネットワークを用いてシミュレーションを行い、メタ知識の学習の信頼度の上昇に伴って語彙獲得スピードの増加が起ることを示す。第 2 に、子供の動詞と名詞の意味推論能力について実際の行動データから混合二項分布という統計モデルを用いてモデル化を行った。本論文で示す手法により子供のデータにルールとその適用制御といった階層関係が存在し、それぞれのルールの適用の変化が発達変化に重要な影響を及ぼしていることを示す。

[文法情報の学習信頼性獲得]

初期の言語発達においては、特に 1 歳後半から 2 歳付近にかけて子供は急激な語彙の増加を示す事が知られており、語彙爆発と呼ばれている。その原因として、発達心理学の分野において、文法的情報などの語彙獲得のためのメタルールが影響を及ぼしている事が示され、この時期に学習バイアスが形成されている事が示されている。本論文では、語彙増加現象の説明として、文法情報を利用したメタルールが有効であることをニューラルネットワークシミュレーションによって示す。ネットワーク構造としては、予測学習部と、メタルールとしての信頼性検出部からなる。予測学習部は Elman (Elman 1990・1991・1993)

の文法予測学習のリカレントネットワークを用いた。信頼性検出部は予測学習部の予測性能を教師信号とする順方向ネットワークを用いた。これにより、信頼性検出部は予測学習部の時系列情報の学習の信頼度を計算する事が可能となる。そこで、生成規則に新奇語を加え追加学習を行なった。信頼性検出部は新奇語の出てくる文脈により学習の信頼性が高い状況で速い学習を行い、そうでない状況では遅い学習則を適用した。シミュレーションの結果、信頼性検出を加えた学習則では、予測学習部のみの場合より急激な語彙学習の加速が現れることを示した。この結果により、語彙獲得のスピードアップにメタレベルのルール適用能力が重要な役割を持つ事を示した。

[動詞と名詞の意味推論能力の発達]

子供の名詞獲得ではバイアスと呼ばれる語彙獲得ルールが2歳付近で形成されているが、動詞については3歳でも動詞を動きに対応付けることに失敗する傾向がある(Kersten 2002)。これは英語以外の言語、日本語にも同様に存在し、3歳児は名詞の名前付けには成功するが動詞の名前付けには失敗してしまう事が示されている(Imai et al. 2002)。すなわち、新奇な単語に対してその対応する事象を発見して学習する能力は、動詞と名詞といった文法的な情報によって制御される幾つかの異なったモジュールによって構成されている事が示唆される。よって本論文では、動詞と名詞の学習戦略の変化について調査するために子供に対して行動実験を行い、そのデータを子供の語彙獲得ルールに関するモジュール群とその適用を選択するゲートシステムからなる階層型の混合二項分布モデルとして説明し、データに対するモデルベースの解析を行なった。行動実験では、子供に対して新奇物体による新奇動作を提示し、これに対して新奇動詞(動詞条件)により名前付けを行い、物体と動作のどちらに名前が付けられたかを選択させた。名詞条件の場合は新奇名詞により名前付けを行なった。この結果のデータに対して混合二項分布をフィッティングし、それぞれのパラメータに関して年齢変化を見ると動詞条件の場合は階層の下位部より上位部の変化が大きい事がわかり、3歳から5歳にかけての動詞の名前付け能力変化は上位のメタレベルの能力変化が要因である事が示された。

以上の知見から、本研究は子供の言語発達の中の語彙獲得能力については階層的な処理構造を持っている事が明らかにした。更に、子供期の語彙学習では語彙の単なる学習だけではなく、メタレベルの語彙獲得戦略の形成が重要な役割を持っている事を示した。

以上

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 森 隆 司

副 査 教 授 大 内 東

副 査 教 授 嘉 数 侑 昇

副 査 教 授 和 田 充 雄

学 位 論 文 題 名

子供の語彙獲得戦略のモデル化に関する研究

近年、認知発達科学の分野で、子供の語彙獲得に必要な能力について議論が高まっており、子供は言語の学習の元となる様々な能力を持つ事が実験や観察報告により示されている。しかし、脳内における語彙獲得のメカニズムについて、実験事実と対応した議論はほとんどされていない。本研究ではニューラルネットワークシミュレーションと統計モデルによるデータ解析手法を用いて、子供が語彙学習において実際に直面する場面で脳内でどのような計算がなされているのか、またその機構がどのように発達変化して行くのかについて明らかにしたものである。

子供にとって、その環境下で話されている言葉の学習は容易ではない。それは発せられた単語が視覚中における複数の属性のうちどの属性に対して名前がつけられているのか、またどのような分類に属するものであるか、という情報が必要であるにもかかわらず明示的には与えられないことによる。この問題に対して子供は、語彙獲得バイアスとも呼ばれる様々なメタ学習戦略を利用しており、それらは個々の子供の発達の過程で形成されている。これより本研究では、子供の語彙獲得能力の発達は多くのメタレベルのルール獲得によると考えた。そこで本研究ではこのメタレベルの学習について、第1にメタ情報の一つである文脈の学習信頼性の効果についてシミュレーションを行い、メタ知識の学習の信頼度の上昇に伴って語彙獲得スピードの増加が起ることを示した。そして第2に、子供の動詞と名詞の意味推論能力について実際の行動データからモデル化を行ない、その内部パラメータの発達変化を追跡した。特に後者の手法は従来の発達心理の分析では見られない新規な方法であり、それにより子供の行動データにルールとその適用制御といった階層関係が存在し、それぞれのルールの適用の変化が発達変化に重要な影響を及ぼしていることが新たに示された。

初期の言語発達においては、特に1歳後半から2歳付近にかけて子供は急激な語彙の増加を示す。発達心理学ではこれは文法的情報などの語彙獲得のためのメタルールが影響を及ぼしている事が示されてきた。本論文では、語彙獲得の加速現象の説明として、文法情

報を利用したメタルールが有効であることをニューラルネットワークシミュレーションによって示した。ネットワークは、リカレントネットワークによる予測学習部と、本研究で新たに提案したメタルールとしての信頼性検出部からなる。文の生成規則に新奇語を加え追加学習のシミュレーションを行なった結果、信頼性検出部は新奇語の出てくる場面の文脈より学習の信頼性を評価し、信頼性が高い状況でのみ速い学習を行なった。これより、語彙獲得の加速にメタレベルのルール適用が重要である事が示された。

子供の語彙獲得では名詞獲得のルールは 2 歳付近で形成されるが、動詞については 3 歳でも失敗する傾向が、言語によらずある。そこで本研究では、新奇な単語に対してその対応する事象を発見して学習する能力は、動詞と名詞といった文法的な情報によって制御される幾つかの異なったモジュールによって構成されていると考え、その学習戦略の変化について調査するために子供に対して行動実験を行い、そのデータに語彙獲得ルールに関するモジュール群とその適用を選択するゲートシステムからなる階層型の混合二項分布モデルを適用して解析を行なった。その結果、モデルのパラメータの年齢変化より、3 歳から 5 歳にかけての動詞の名前付け能力変化は上位のメタレベルの能力変化が主要因である事が示された。

これを要するに、著者は子供の語彙獲得能力の階層的な処理構造モデルについての新知見を得たものであり、ヒトという種の言語能力の理解と発達型の知能の工学的な実現に貢献するところが大きい。よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。