

報告番号 ^{*} 甲 第 2208号

主論文の要旨

題名

仮説形成検証過程に関する
認知科学的研究

氏名 三輪和久

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	三輪和久
<p>本論文「仮説形成検証過程に関する認知科学的研究」は、人間の問題解決において主要な中核と考えられる「仮説形成検証過程」を、近年確立されつつある「認知科学」的な問題意識とその探求の手続きに従って解明したものである。</p> <p>まず、第1章は、本論文全体の序論である。ここでは、最初に本研究の背景や動機を述べる。さらに、人工知能・計算機科学、心理学、科学哲学の各分野で行われてきた仮説形成検証過程の研究、およびその関連研究を紹介する。</p> <p>本研究では、実験課題として、「カード配置推定問題」を取り上げた。これは、4行×8列の2次元領域において、裏返しにして、規則的に並べられたカード配置を、そのカードを一枚ずつ表にすることによって推定する問題である。このカード配置推定問題は、「事例からの帰納学習課題」として定式化することが可能である。この帰納学習課題は、関係概念の学習問題に相当し、情報源が観測対象であるが、観測が制御できる帰納学習課題として捉えることができる。</p> <p>次に、本研究の背景となる認知科学の定義を記述し、本研究の展開をその枠組みに当てはめることを試みる。すなわち、本研究では、心理学的実験を通して観察された人間の行動に基づいて、人間の行動を統合的に説明する思考過程のモデルを構成する。このモデルは、シンボルやルールのレベルで理論化されたものである。この仮定されたモデルを、プロダクションシステムを用いて計算機上に実現して、計算機シミュレーションを行ない、このモデルの妥当性を検討して、改良を加える。</p> <p>第2章では、人間の仮説形成検証過程に関する2種類のモデル、すなわち「推論展開モデル」と「情報量保存モデル」とを提案する。</p> <p>まず、「推論展開モデル」では、人間の仮説形成検証過程を、演繹・帰納・類</p>				

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	三輪和久
<p>推なる3種の推論の組合せ・展開過程として理論化する。すなわち、カード配置推定過程に現われる推論として、帰納（これは、表にされたカードの事例に基づきカード配置規則に関する仮説を形成する推論である）と類推（これは、ある時点以前に形成されていた別の領域の仮説に基づき、それと類似の新しい仮説を導く推論である）、および演繹（これは、形成された仮説に基づきまだ表にされていないカードの記号の値を導く推論である）の3種類を取り上げる。そして、カード配置の推定過程を、帰納や類推により仮説が形成され、その形成された仮説から演繹によって次に表にされるカードが帰結され、そのカードが実際に観察されて確かめられることにより、仮説が帰納的に強化されたり、あるいは演繹的に棄却されたりするという基本的な手続きの一連の過程と捉えて、理論化する。</p> <p>次に、「情報量保存モデル」では、人間の仮説形成検証過程を、観測対象がもつエントロピーと学習者が獲得した情報量とが、保存関係を保ちながら推移する過程として理論化する。すなわち、最初に、観測対象が持つエントロピーとして、表にされたカードだけが確定されたと考える場合のカード配置状態がもつエントロピーと、仮説により推定されているカードも含めて確定されたと考える場合のカード配置状態の持つエントロピーとを、それぞれ事実未知情報量 H_n、思考未知情報量 $H_{n,m}$ として定義する。次に、学習者が獲得する情報量として、学習者が試行事実から獲得した情報量と、学習者が思考上で創り出した情報量とを、それぞれ事実既知情報量 I_n、思考既知情報量 $I_{n,m}$ として定義する。更に、$I_n + I_{n,m} + H_{n,m} = H_0$ (H_0 は実験開始時の事実未知情報量で一定値) を示すことによって、観測対象のもつエントロピーと学習者が獲得した情報量とが、上述の保存関係を保ちながら進行する過程として、仮説形成検証過程を</p>				

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	三輪和久
<p>モデル化する。</p> <p>第3章では、仮説形成検証過程を情報理論の立場から検討する。最初に、x期（x枚のカードが表にされた時期）において、将来の仮説H_n形成の前提として使用されるカードの情報量を孤立事実量$S_x(H_n)$、過去の仮説H_n形成の前提に用いられたカードの情報量を前提量$P_x(H_n)$、仮説H_n検証のために用いられたカードの情報量を検証量$V_x(H_n)$、仮説H_nにより思考上で推定されているカードの情報量を推定量$G_x(H_n)$と、それぞれ定義する。そして、複数の仮説が出現する場合の4種類の情報量和を求める方法を示し、人間被験者に対して試行した実験の結果における4種類の情報量和の推移過程を具体的に示す。</p> <p>更に、上述の情報量の定義に従って実験結果を検討した結果、課題が複雑になるにつれて、仮説形成の前提として使用される情報量は増加するが、仮説検証のために使用される情報量は変化しない傾向があることを実証する。また、類推を用いた仮説形成においては、情報論的に小さな前提からも正しい仮説を導くことができることを示すことにより、仮説形成における類推的推論の効果を確認する。</p> <p>第4章では、第2章で推論展開モデルとして提案され、第3章で情報論的に解釈された仮説形成検証過程のモデルを、更に精緻化して計算機上に実現し、計算機シミュレーションを行なう。このモデルでは、前章までの検討に基づき、演繹・帰納・類推の組合せ・展開過程として、カード配置に関する仮説が形成検証される。特に、帰納と類推の組合せにより、効果的な仮説形成が行なわれる。すなわち、表にされたカードに基づく帰納的推論と、それ以前に推定された別の領域</p>				

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	三輪和久
<p>のカード配置に基づく類推的推論とにより、独立に複数のカード配置候補群が生成され、2つのカード配置候補群が照会されて、1つのカード配置が仮説として取り上げられる。</p> <p>このモデルは、計算機シミュレーションの結果、与えられた22種類のカード配置の内、21種類までを正しく推定することに成功した。また、表にされるカードの枚数の増加に伴う正答率の上昇も、人間被験者による実験結果と良く一致した。以上から、提案された仮説形成検証過程のモデルの妥当性を、実験的に証明する。</p> <p>第5章では、第4章で検討された計算機シミュレーションモデルを用いて、正・負事例に基づく仮説群検証過程の検討を行なう。すなわち、まず4要因の観点から3528回のシミュレーション実験を実行し、それらを63個のシミュレーション群にまとめ、さらに、正答に至るための必要枚数と十分枚数により、5つのカテゴリーに分類する。</p> <p>続いて、各カテゴリーごとに、正フィードバック（正事例による仮説の蓋然性強化）と負フィードバック（負事例による仮説の棄却）の生起回数と生起順序を分析することによって、正しい概念が学習されるまでに必要とされる正・負のフィードバックの回数は、正答に至るための試行回数に依存して大きく変動することや、正しい概念の学習の条件は、正フィードバックの回数よりも、負フィードバックの回数に依存する傾向が認められることを明らかにする。また、観測対象に対して十分多くの試行を行なうことが可能な場合には、正しい概念が獲得されるまでに必要な負フィードバックは、仮説検証過程の初期から出現することや、さらに観測対象に対して十分多くの試行を行なうことが不可能な場合にも、</p>				

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	三輪和久
<p>仮説形成における帰納・類推の不整合により、仮説が「偽」であることが間接的に支持されて、反証（仮説が最終的に偽であると確定されること）が補償されることがあることを明らかにする。</p> <p>最後に、上述の知見に基づいて、これまでの「試行回数固定型モデル」を改良して、「試行回数適応型モデル」を開発する。</p> <p>第6章は、本論文の結論である。本論文の成果を総括し、今後の研究課題として、人工知能や教育情報工学への応用や展開などにも言及する。</p>				