

平成 2 1 年 6 月 3 0 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18700251

研究課題名（和文） 問題解決場面における獲得知識利用メカニズムの理解

研究課題名（英文） Mechanism of using acquired knowledge in problem solving situation

研究代表者

石川 悟（ISHIKAWA SATORU）

北星学園大学・文学部・講師

研究者番号：30344477

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、新奇場面において獲得知識を利用して問題解決に至る認知過程を認知処理機構として理解することであり、ヒト成人・幼児の行動実験と計算処理モデルの構築という二つの研究手法を用いて研究目的にアプローチした。その結果、既存の知識と新奇場面で実行する行動とを協応させると同時に、般化可能性を高めることが新奇問題解決に繋がること、そして行為プランを生成するトップダウンプロセスがボトムアッププロセスを制御しリプランニングするメタ過程の詳細な解明と定式化が必要となった。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study was to understand cognitive processes of using acquired knowledge in novel problem solving tasks as information processing mechanisms. For this purpose, behavioral experiments' results of problem solving in children and adults were compared with the computing model for constructing the cognitive processes. Behavioral experiments' results showed that accommodation of acquired knowledge and behavior, and higher generalization ability were needed to solve the novel problem solving task. These cognitive processes were demonstrated by the model with the top-down processes generating action plan and the bottom-up processes doing action, and we would survey re-planning processes as meta-process generated by the top-down.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000	0	1,200,000
2007年度	1,400,000	0	1,400,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	240,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：認知心理学・認知計算論

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトは経験から知識を得、その知識を新たな問題の解決や新たな知識の獲得に用いて現実の場面と対峙する。そこには、a). 経験によって得られた知識を整理 / 圧縮する学習の過程、b). 整理 / 圧縮化した知識を新たな問題場面で利用する過程、c). 整理 / 圧縮方法の新たな知識獲得場面への転用、といった複数の異なる認知過程が関与していると考えられる。本研究ではこの三つ認知過程のうち2番目の b). 新奇問題場面における整理 / 圧縮化した知識の利用に焦点をあてた研究をおこなう。

新奇問題解決場面において、ヒトがそれまでに獲得した知識を用いていることは疑う余地がなく、これまでの研究においてその過程に関わる認知機能の記述がなされてきた。しかしながら、その知見の多くは特定の場面における行動や結果についての記述 / 検討によっており、問題解決を担っている認知処理過程の全容については明らかにしておらず、認知機能の記述だけではなく、いかにして獲得した知識を用いているのか、その利用過程はいかなる認知処理機構であるのか明らかにする必要がある。

また、問題解決に対する計算論的なアプローチにより問題解決に至る処理様式が提案されているが、それらはヒトの認知処理過程としてあり得る可能性の一つとして提示されるものであり、実際のヒトの認知機能が同一の処理で成り立っているかどうか、その点は十分に検討されていない。

以上の点から、ヒトの問題解決場面において関与すると考えられる、経験によって得られ整理 / 圧縮化された知識を新たな問題場面で利用する認知過程について、その認知過程を認知処理機構として理解する必要がある。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、ヒトの問題解決場面において、経験によって得られ整理 / 圧縮化された知識を新たな問題場面で利用する認知過程を認知処理機構として理解することである。そのため本研究では、獲得している知識量が制御でき認知過程の発達プロセスを理解可能なヒト成人および幼児を対象とした行動実験を実施するとともに、機能部品同士を組み合わせることにより知識の獲得と般化をおこなう FPC モデルを利用して研究を進める。これら2種類の研究手法によって得られた知見を相互に取り入れ、行動実験の修正な

らびにモデルの修正を繰り返すことによって、獲得知識を利用した問題解決メカニズムとその認知処理機構が明らかになると考える。また、この両手法を用いることによって、獲得知識を利用した新たな知識獲得というメタ学習システムの認知過程の理解に繋がる研究成果が得られ、多方面への応用可能性を持つ。

ヒト幼児は成人と比べ獲得している知識量が少ないと考えられ、獲得済みの知識を統制するのに適している。また、それぞれの認知処理に要する時間が成人と比較した時により長くなると考えられ、認知処理機構の振る舞いをより良く理解できることが期待される。さらに年齢層の異なる幼児を対象に行動実験 / 調査を実施することで、一連の認知過程の発達プロセスについても追うことが可能であると考えられる。

また、獲得知識を利用した問題解決に至る認知過程の処理機構の理解には、本研究では問題解決についてこれまで一定の成果を上げている FPC モデル(小川ら、電子情報通信学会論文誌,2005)に基づき研究を進める。FPC モデルでは、限られた認知機能を実現する機能部品が用意され、機能部品同士を組み合わせることで様々な認知機能の実現に至る。FPC モデルでの知識の獲得は機能部品同士の組合せについての知識獲得として捉えられ、獲得した知識を新奇問題の解決に如何に用いるか、という点を明らかにすることが本研究の目的となる。

以上のように、ヒト成人・幼児における行動実験によって得られた結果、および計算処理モデルから予測されたパフォーマンスを比較検討することによって、問題解決場面における現実のヒトの認知処理機構の理解を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究の目的は、新奇場面において獲得知識を利用して問題解決に至る認知過程を認知処理機構として理解することであり、ヒト成人・幼児の行動実験と計算処理モデルの構築という二つの研究手法を用いて研究目的にアプローチした。

#### ヒト成人および幼児の行動実験

ヒト成人および幼児に共通した問題解決過程を扱う実験 / 調査場面の構築と実験課題の実施を目指し、成人・幼児の実験環境・状況について検討と行動実験の実施をおこなった。

問題解決場面の一事例として、「複数種類の開け方が可能な問題箱」を用意した。被験児

となる3～5歳のヒト幼児を対象に、箱の開け方について「何も経験しない」、「箱の蓋に付いた鍵を外して開ける」、「止めピンを抜いて蓋をねじって開ける」、といった異なる先行経験を積ませた。その後新しい問題箱を幼児に対して提示し、その問題箱をどのような手段で開けるか記録を試みた。

一方、ヒト成人と幼児にとってより親しみやすい「折り紙作成場面」における検討も進めた。折り紙作成場面では、折り紙完成までの折り手順が複数に分割され、それぞれの折り手順と折り上がり形状には特定の関係が存在する。この折り手順を如何に獲得し新奇な折り紙作品作成に用いるか、成人および幼児の行動の記録法、および作成可能な折り紙作品について検討した。

さらに、ヒト成人の問題解決場面における行動を分析するため、動的に変化していく環境において如何に自在に問題解決をおこなうか、その点に集中した実験/調査場面を設け検討を加えた。動的に変化する環境ではヒトはマイクロスリップ等認知過程が反映されていると考えられる特徴的な行動を表出し、自己の知識や行為の調整過程と行為実行過程との齟齬から生じていると考えられ、変化により生じた新奇な場面におけるあらかじめ決められた行為の実行と、変化した環境に応じた即応的な行為実行の両者が関わる実験場面をヒト成人において構築し、その過程の行動分析を進めた。

#### 計算処理モデルの構築と評価

機能部品同士を組合せることにより知識の獲得と般化をおこなうFPCモデル(小川ら, 2005)に基づき、モデルが獲得した知識をいかに新奇課題に利用するか、その計算処理機構について検討した。FPCモデルにおける「知識の獲得」とは、個々の機能部品の組合せ方として定義される。そこでFPCモデルが既に複数の知識を有する時、ア)どの知識を新奇問題に対してあてはめ使用するか、イ)そのあてはめが適切であったかどうか如何に評価するか、この2点の機能の計算処理としての実装を目指した。

さらに、FPCモデルに基づく問題解決を導く計算処理機構として組み込んだ各認知過程が実際の問題解決場面において妥当かつ有用なものか検討すると同時に、計算処理機構の実効性を確認するため、シミュレーション環境における実装をおこなった。変化し続ける環境における問題解決場面で獲得した知識を利用する認知過程を実現する計算処理過程は、行動のプラン策定をおこなうトップダウンプロセスと、環境の変化に即応して自身の行動を変化させるボトムアッププロセスの両プロセスを融合させた行動決定モデルとして構築し、シミュレーション環境における実装結果と実際のヒトの問題解決過程とを比較し、同

等の機能・特徴を有しているのか検討した。以上のように、行動実験による認知過程の推測と計算処理モデルによる認知過程の実装によって本研究を進めた。

#### 4. 研究成果

##### ヒト成人および幼児の行動実験

ヒト成人および幼児における問題解決過程を扱う実験/調査場面の環境・状況の準備・検討をおこなった結果、「問題箱」等の人工的な場面での検討が難しい事が明らかになった。一方、折り紙作成場面において、ヒト成人では折り手順の知識よりも、「折る行為」に対する知識と実際の行動との協応を如何におこなうか、という点が課題遂行において大きく関与し、運用される知識を単純な知識とメタ的な知識とに分けて検討すべき点が明らかになった。一方ヒト幼児では、獲得済みの折り方を新奇な場面で用いる際の般化可能性を高めることが、新奇問題解決に繋がる事が示唆された。

また、ヒト成人における新規スキルの獲得場面および他者との協同問題解決・社会的やりとり場面の3種類の行動実験により検討した結果、新規スキル獲得場面では自己の知識や行為プランのトップダウンプロセスとしての獲得と、ボトムアッププロセスでの自動調節が行われ、トップダウンプロセスはボトムアッププロセスを制御する明確なメタ過程として作動する必要性が明らかになった。また、他者との協同問題解決・社会的やりとり実験の結果から、予測できない他者の行為が動的な環境として作用した結果、トップダウンプロセスにおけるリプランニングとボトムアッププロセスにおける行動の中止・変更が多発し、トップダウンプロセスにおけるリプランニング過程の詳細な解明と定式化が必要となった。

##### 計算処理モデルの構築と評価

獲得した知識を新奇問題解決場面、そして変化し続ける環境における問題解決に利用するか、その認知処理過程について計算論的モデルの構築をおこなった。その結果、行動のプラン策定をおこなうトップダウンプロセスと、環境の変化に即応して自身の行動を変化させることの出来るボトムアッププロセスの両プロセスを融合させた行動決定モデルが、変化し続ける環境において柔軟に課題解決をおこない、同時にヒトの課題解決場面で見られる不適応行動(マイクロスリップ)様の行動も生起することが示された。

また、構築した処理過程モデルの妥当性をヒト成人における行動プラン策定過程のメタ記録とその自己評価から検討した結果、獲得済み知識を活用するトップダウンプロセスの解像度をボトムアッププロセスで制御

可能な解像度に調節する過程の存在が示唆された。この過程は自身が行った行動の成否のフィードバックを受けた自己評価過程として作用していると考えられ、認知処理モデル・計算モデルとしての定式化が今後の課題となった。

また、ヒト幼児の新奇場面における既存知識の利用について、TVゲームおにごっこ課題における行動記録の解析とその認知過程の推定をおこなった結果、ポテンシャル法とDP法を組み合わせた計算モデルにより幼児の行動が再現され、幼児は発達に応じて行動決定に用いる外環境の情報および行動決定過程そのものが変化することが示唆された。以上の結果および研究手法としての方法論の提案とその問題点についての議論は学術論文として投稿し現在出版に向けた準備状態にある。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

坂本寛之・石川 悟・大森隆司, 幼児の注意配分のモデルベース推定の試み: 鬼ごっこゲームを題材として, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, Vol.106, No.538, 2007, pp.77-82.

佐藤敦史・石川 悟・大森隆司・山内康一郎, 動的環境下における人の適応的プランニングの計算モデル化 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, Vol.107, 2008, No.542, pp.295-300.

石川 悟・坂本寛之・大森隆司, 鬼ごっこゲームを題材とした幼児の行動決定過程のモデルベース評価, 査読中。

〔学会発表〕(計7件)

石川 悟, 折り紙作成場面における幼児の問題解決: 予備的検討, 日本心理学会第70回大会, 2006.

石川 悟, 計算モデルを用いた幼児の行動決定過程の推定と特徴分類, 日本認知科学会第23回大会, 2006.

佐藤敦史・石川 悟・大森隆司, 人の動的プランニング過程の計算モデル化の試み, 日本認知科学会第23回大会, 2006.

坂本寛之・石川 悟・大森隆司, 鬼ごっこゲームを題材とした幼児の行動決定過程のモデルベース評価の研究, 日本認知科学会第24回大会, 2007.

佐藤敦史・石川 悟・大森隆司, 人の動的プランニング過程の計算モデル化, 情報処理北海道シンポジウム2007, 2007.

佐藤敦史・石川 悟・大森隆司・山内康一

郎・栗原正仁, 人間の適応的プランニング過程の計算モデル化とその評価, 人工知能学会第22回全国大会, 2008.

佐藤敦史・石川 悟・大森隆司・山内康一郎・栗原正仁, 人の適応的プランニング過程のモデルベース解析, 日本認知科学会第25回大会, 2008.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

石川 悟 (ISHIKAWA SATORU)  
北星学園大学・文学部・講師  
研究者番号: 30344477

##### (2) 研究分担者

( )  
研究者番号:

##### (3) 連携研究者

( )  
研究者番号: