

令和元年6月27日現在

機関番号：32639

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12450

研究課題名（和文）転導推理と擬人化の認知発達メカニズム ベイズ推定とミラーシステムから

研究課題名（英文）Mechanisms of cognitive development in transductive reasoning and personification

研究代表者

高平 小百合（TAKAHIRA, Sayuri）

玉川大学・教育学部・教授

研究者番号：80320779

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、幼児期特有の非論理的な発話である転導推理と人工物や無生物に対して人間のような行動や感情を付与するなどの擬人化について、そのメカニズムをベイズ推定に基づき考察し、その脳内基盤についてのモデルを構築することである。転導推理はそのメカニズムとして対称性を有するが、等確率仮説を用いて検証し、ベイズ推定であることを確認した。擬人化に関しても、そのメカニズムはベイズ推定であることを検証し、発達の擬人化の種類が変化することが予想できた。また、Bayes推論の脳内機構に関する大統一理論である自由エネルギー原理について詳しく吟味し、その感情および感情障害に関するモデルについての考察を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発達心理学における論理的思考の理論は、Piaget(1968)の発達段階説の影響が大きく、幼児期の非論理的推論は直観的思考によるもので、児童期以降の論理的推論とは質的に異なり連続性はないとされてきた。しかしながら本研究は、対称性の観点から非論理的・直観的思考の構造を明らかにし、幼児の論理的誤謬が大人の推論における論理的誤謬と本質的には同じであることを検証した。幼児期の推論が知覚的・直観的思考として捉えられる理由を解明するものである。幼児期からの論理的思考の発達において新しい視点を提唱することになり、発達科学のみならず、教育や知能研究、またロボット研究分野など、学際的な影響が考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is two holds. First is to examine the mechanisms of transductive reasoning and personification in young children. Second is to construct brain network model which make possible to make illogical and logical reasoning. We have confirmed that the mechanism of transductive reasoning and personification can be explained by Bayesian inference. We also examined "Free energy principle," which is the great unified theory for brain mechanism of Bayesian inference and showed that how inference/reasoning would be expressed within a brain through the studying the model of emotion and emotional disorder.

研究分野：心理学

キーワード：転導推理 擬人化 ベイズ推定

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

転導推理や擬人化は、Piaget(1968)の発達段階に基づく幼児期特有の非論理的思考特性であり、児童期以降の論理的思考とは質的に異なると考えられてきた(石田,1980;中垣,2013)。近年では、幼児期から帰納・演繹推論・条件文推論などの可能性を示唆する報告もある(Goswami,2011)。しかしながら、これまでの研究の多くは、実験的手法により個々の実験課題において論理的に推論や類推が可能であるかどうか検証するものであり、子どもの非論理的思考(転導推理や擬人化)のメカニズムを対象とした研究はほとんどみられない。また、これらは日常生活の中で子どもが環境を理解する為に自発的に発するものであるため、偶然にしか得ることができない。取得の困難さによるデータの少なさが、研究を困難にしている要因であると思われる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、幼児期特有の非論理的な発話である転導推理と擬人化について、発達の変化をベイズ推定に基づき考察し、その脳内基盤についてのモデルを構築することである。幼児期の子どもは、非論理的推論[転導推理]や類推[擬人化]を駆使して日々の問題解決や状況判断を行う。例えば、ある2歳児は祖母が頭にスプレーしているのを見て「おばあちゃん、ゴキブリ？」と転導推理を行っている。しかしこれらは実験的に再現することが困難であるため、認知発達・認知科学・脳科学的観点からはあまり研究されてこなかった。子どもの日常生活の中での非論理的な推論や類推の構造を対称性の観点から解明し、論理的思考への変化の過程をベイズ推定によって検証するとともに、これらの機能を可能にする脳内基盤のモデルを構築する。

3. 研究の方法

認知発達研究においては、保護者によって新聞コラムに投稿された子供の日常生活の中で発せられたユニークな発話の中にどのような特徴のある発話があるか質的に分析することとした。前年度に収集した2000年1月から2015年12月までの16年間の新聞コラムに投稿された子ども(2歳から7歳)のユニークな発話内容データ3000個を対象し、その中から分析対象を抽出してそれぞれの質的分析を行った。また、信頼性担保のために、2名以上で対象データの約10%を同時に分析し、その一致率を計算し、90%以上の一致率を確保したデータのみ分析対象とした。認知発達モデルの構築における研究方法は、それぞれの研究成果の部分で簡単に述べる。

4. 研究成果

[認知発達メカニズム]

(1) 日本の子どもにおけるユニークな発話内容の予備的分析

本研究では、保護者によって新聞コラムに投稿された子供の日常生活の中で発せられたユニークな発話の中にどのような特徴のある発話があるか質的に分析することとした。前年度に収集した2000年1月から2013年12月までの14年間の新聞コラムに投稿された子ども(2歳から7歳)のユニークな発話内容データ2000個を対象した。分析の結果、子どもの日常生活の中で発せられたユニークな発話は、4つのパターン：音韻類似性による間違い；転導推理による発話；擬人化・擬物化による類推発話；演繹推理による発話、に分類することができた(Takahira, 2015, Takahira, 2015)。

(2) 子どもの日常生活の中で発話された擬人化のメカニズムについて

幼児期の子どもが、無生物や人工物に人間の感情や生きているかのような表現を用いることはアニミズムとしてPiaget(1929)によって報告されているが、Inagaki(1987)はこれを擬人化として表している。これらの研究以降、世界中で多くの研究者が擬人化について実験的研究を行ってきたが、日常生活の場で子どもがどのような擬人化的類推を行っているかという研究はほとんど行われていない。子どもの日常生活の場で自発的に発話された擬人化のメカニズムについて検討することを目的とした。2001年から2015年までの15年間に新聞のコラムに保護者によって新聞に投稿された子どものユニークな発話をBarresi & Moore(1996)によって提唱された意図的な関係性の表現を基に分析した。15年間に投稿された約3000個の発話データの中から10分の1である約300個について分析を実施した。発話データは3つの年齢グループ(2歳~3歳、4歳~5歳、6歳以上)に分けて、典型的な事例(特に人間が持つ感情を無生物や人工物に付与する)を視覚化(イラスト化)し、入力情報のタイプ(Barresi & Moore, 1996)を確認した：Current 1st person inf. of self (immediately available implicit self-emotion/feeling); Current 3rd person inf. of self (immediately available explicit own behavior); Imagined 1st person inf. of self (imagined implicit own emotion, beliefs, knowledge, etc.) Imagined 3rd person inf. of self (imagined explicit own behavior, action, etc.); Current 3rd person inf. of other (immediately available other's explicit behavior) Imagined 1st person inf. of other (imagined implicit other's emotion, beliefs, knowledge, etc.) Imagined 3rd person inf. of other (imagined explicit other's behavior, action, etc.)(Takahira, 2017b, Takahira, 2017c)。

(3) 転導推理の構造と等確率性仮説

発達科学における幼児期の推論の特徴は、演繹推論(一般から特殊へ)・帰納推論(特殊から一

般化)とは質的に異なる非論理的な思考「転導推理」(一般法則を欠いた特定のモノから特定のモノへの推量)であると言われてきた(ピアジェ,1969)。一方、近年の研究では、幼児でも演繹推論が可能ではないかという研究(Goswami,1998 他)や因果関係を理解している証拠(Sobel, et. al. 2004; Gopnik, 1998)が示されている。しかしながら、これらの研究は、実験的環境の下、幼児の日常における問題解決のための推論とはかけ離れている。我々は、日常生活における幼児の発話から転導推理的発話を収集し、その構造をいくつかの仮説を基に分析した(Takahira, 2014)。Goswamiによる演繹的推論形式可能説、Gopnikによる因果関係や反実仮定の予測可能説、及び、Piagetによる転導推理の機能を等確率性仮説(服部, 2008)及びアブダクションとベイズ推定との関係から検証した。また、幼児の日常生活の中で用いられる転導推理の構造から、大人の推論構造との違いや共通性、推論発達の非連続性と連続性、そしてその適応的意味について考察した(高平, 2017, 高平,2018)。

[認知発達モデルの構築]

(1) 心の理論の発達モデル

朝倉と乾は幼児の他者理解に関する発達データをベイズ推論に基づくモデルでうまく説明できることを明らかにした。このモデルでは心の理論を心的状態変化の内部モデルと捉え、ベイズネットとして表現した。さらに幼児における誤信念理解を自己と他者それぞれの心的状態を表現するベイズネットが未分化で自己の視覚経験と信念が他者の心的状態推定に影響を与える構造のベイズネットを用いた他者信念のベイズ推定として定式化した。これによって例えば3歳から6歳にかけての年齢ごとのデータおよび自閉症児や聴覚障害児のデータにもモデルが適用できることを確認した。

(2) 視点取得の脳内機構

乾ら(2018)は、視点取得機構の新しいモデルとその実験的検証を行った。これは、視点取得機能が内的に一種の幽体離脱のようなシミュレーションを行うことによって達成されていることを示すものである。このシミュレーションは、自己運動の感覚を司る前庭器官から入力を受ける頭頂前庭皮質を内的に活動させることによって、自己があたかも移動したイメージを作り出すものである。検証実験においては、乗り物酔いに着目して視点取得の速さが様々な条件で一貫して乗り物酔い感受性が高い人ほど速く実行できることを明らかにした。これは、頭頂前庭皮質において内的シミュレーションが実行されていることを示す新しい知見である。これにより2018年度の「日本認知心理学学会優秀発表賞」を受賞した。

(3) 自由エネルギー原理に基づく認知発達の原理

次に乾(2018)は、主として自由エネルギー原理に基づいた認知発達の原理の一部を提案した。ここでは、子供が持つ様々な機能を無意識的推論と能動的推論という2つの大きな枠組みで説明している。特に運動はこれまで知覚認知と運動は切り離されて考えられることが多かった。それは共通した機能として捉える枠組みがなかったからである。本論文では、自由エネルギー原理に基づき、人間行動の基本原則が脳内でサプライズがなるべく生じないように行動を起こし、情報を獲得すると考える。また、脳内にはこれまで考えられてきたような運動指令信号というものはなく、あくまで感覚の期待、具体的に言えば、自己受容感覚の期待によって随意運動が行われていると考える。またその随意運動も末梢では反射弓を使って、自動的に目標を達成することができる。このような全く新しい観点に立つと、様々な幼児の発達をうまく捉えることができることを示した。

(4) 脳情報処理の一般原理

さらに乾(2018)では、感情や意思決定も含めて自由エネルギー原理によってその脳内メカニズムを統一的に扱うことができることを示した。

(5) 感情と感情障害の脳内メカニズム

また、乾(2018)では、感情と感情障害について自由エネルギー原理によって合理的に様々な現象を説明することができることを詳しく解説した。

(6) 自閉症の病因モデル

また、乾(2018)では、胎児期から青年期にかけて脳構造や機能がどのように発達してくるかを概説し、合わせて発達障害の基本モデルについて説明した。Inui et al. (2017)では、自閉症の病因についての新しい仮説を提案した。それは胎児期における脳幹の橋の発達異常と周産期におけるGABAスイッチの不全が同時に併発したときに自閉症が生まれるという仮説である。これによって、なぜ社会脳と呼ばれる脳領域が選択的に傷害を受けたり、1歳までの自閉症の子供の頭囲が標準よりもなぜ大きいのか、また脳のシナプスの数の変化が特徴的になるのはなぜかといったことなど体系的に説明することが可能となった。

[展望]

最後に自由エネルギー原理は、あらゆる脳機能がベイズに基づいた推論マシンであることを示すものである。そして無意識的推論や能動的推論といった推論が脳内ネットワークでどのように実現されているのかを明確に示したものである。さらに運動も感覚の期待であり、運動することによって感覚入力も変化し、それに対して無意識的推論が生ずる。すなわちここに知覚と運動の連関が生ずるのである。重要なことはこの能動的推論は知覚されたものを期待するような運動を起こすということになる。このような考え方によって認知発達モデル化が大きく進むことが期待される。また自由エネルギー原理はさらに意思決定や思考についても様々なヒントを与えてくれるものである。以上のような点を踏まえて新しい認知発達の理論の構築が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

乾 敏郎 (2018) 脳・身体からみる子どもの心 認知発達の原理から考える . ミネルヴァ書房「発達」, 155, 2-8. 査読なし

乾 敏郎 (2018) 知覚・認知・運動・感情・意思決定をつなぐ自由エネルギー原理. 日本神経回路学会誌, 25, 123-134. 査読なし

乾 敏郎 (2018) 胎児期から青年期に至る脳機能の発達とその障害. 追手門学院大学学生相談室年報, 28, 2-17. 査読なし

高平小百合 (2018), 発達研究における海外情報発信と潜在的・顕在的課題についての考察, 発達心理学研究, 29(4), 208~218. 査読あり

Inui, T., Kumagaya, S and Myowa-Yamakoshi, M. (2017) Neurodevelopmental hypothesis about the etiology of autism spectrum disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11:354. doi: 10.3389/fnhum.2017.00354 査読あり

Asakura, N. and Inui, T. (2016) A Bayesian framework for false belief reasoning in children: a rational integration of theory-theory and simulation theory. *Frontiers in Psychology*, 7, doi: 10.3389/fpsyg. 2016.02019. 査読あり

〔学会発表〕(計 8 件)

乾敏郎, 寺前ひかり, 杉浦優衣, 前川亮 (2018) 視点取得機構のシミュレーション仮説の検討: 乗り物酔い感受性との関係. 日本認知心理学会第 16 回大会.

前川亮, 岡純輝, 乾敏郎 (2018) 観察者の姿勢による視点取得時の仮想的身体移動方向の制限. 日本認知心理学会第 16 回大会.

高平小百合 (2017), 転導推理の構造と等確率仮説, 日本発達心理学会第 28 回論文集.

Sayuri Takahira (2017), Mechanism of personification used in everyday life in preschool children, 2017 ECDP proceedings, European Association of Developmental Psychology.

Sayuri Takahira (2017), Factors affecting development of reasoning abilities in children, 2017 ECDP proceedings, European conference on developmental psychology.

朝倉暢彦, 乾敏郎 (2016) 幼児の誤信念理解のベイズモデル 理論説とシミュレーション説の統合 . 発達神経科学学会第 5 回大会.

Sayuri Takahira (2015), Developmental change of personification used in everyday life, 2015 ECDP proceedings, European Conference Developmental Psychology.

Sayuri Takahira (2015), Developmental change in acquisition of numerical classifiers in Japanese students, 2015ECDPproceeding, European Conference Developmental Psychology.

〔図書〕(計 1 件)

乾 敏郎 (2018)感情とはそもそも何なのか - 現代科学で読み解く感情のしくみと障害 - . ミネルヴァ書房, 210.

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：乾 敏郎

ローマ字氏名：(INUI, toshirou)

所属研究機関名：追手門学院大学

部局名：心理学部

職名：教授

研究者番号 (8 桁) : 30107015

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。