

令和元年6月25日現在

機関番号：32639

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16687

研究課題名(和文) 推論の自然化へ向けた哲学理論の構築：動物・幼児における「言語なき推論」に着目して

研究課題名(英文) Naturalizing inference: Focusing on "inference without word" in pre-linguistic infants and non-human animals

研究代表者

小口 峰樹 (OGUCHI, Mineki)

玉川大学・脳科学研究所・特任助教

研究者番号：30597258

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、推論の自然化へ向けた議論構築を行うために、幼児や動物における「言語なしの推論」を題材として哲学的な分析を行った。第一に、比較認知における暗黙の前提となっているモーガンの公準を批判的に検討し、幼児や動物への推論帰属に対する懐疑は弱体化可能であるということを示した。第二に、推論に関する「ミニマリスト・アプローチ」に基づき、言語なしの推論が否定関係や因果関係の把握とカテゴリー化能力によって支えられていることを明らかにした。第三に、これらの基礎能力を支えている神経基盤についての考察を行い、加えて、推論の神経ネットワーク解明のためのアプローチに関する提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、言語的推論の基礎にあると考えられる非言語的な推論を考察対象とし、推論能力における多層性を明らかにすることで、言語を用いた論証をモデルとして捉えられてきたこれまでの推論理解に見直しを迫るものである。近年、高等教育において批判的思考教育が重視されるなど、推論能力の涵養がひとつの重要な教育課題となっている。こうしたなかで、本研究の成果は、論証構成法の教育などを中心とした従来の支配的な枠組みを再考する契機となりうる。

研究成果の概要(英文)：To take a step toward naturalizing inference, this study conducted a philosophical analysis on "inference without words" which pre-linguistic infants and non-human animals are supposed to make. This study (1) examined the validity of "the Morgan's canon" which is prevalent in comparative studies and showed that the skepticism on attributing inference ability to infants and animals can be gradually weakened, (2) showed, from "the minimalist" point of view, that inference without words is based on the grasp of negation, causation and categorization, (3) considered neural substrates of these basic capacities and carried out a proposal on an approach toward elucidating the neural network of inference.

研究分野：分析哲学、心の哲学、神経科学の哲学、神経生理学

キーワード：非言語的推論 自然化 モーガンの公準 ミニマリスト・アプローチ 推論の神経基盤

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

伝統的に、推論能力は言語能力と強く結びつけられ、言語を操る人間にのみ備わったものと考えられる傾向があった。こうした見方においては、推論はおおむね「論証」をモデルとした仕方で理解されてきた。論証とは、一群の前提から何らかの論理規則に基づいて結論を導くことである。前提となるのは何らかの文の集合であり、結論も別の文から構成される。こうした理解においては、推論を行うことができるのは、それらの文の内容を心的に把握することができる生物、つまりは言語をもつ人間のみであるということになる。その結果として、言語をもたない動物や言語習得以前の幼児に対しては推論を行う能力が否定されることになる。推論能力をこのように言語保有者にのみ限定する見方は、古くはアリストテレスやデカルト、近年では分析哲学の泰斗であるデイヴィッドソンなどの少なからぬ数の擁護者を生み出してきた。

これに対し、動物行動学や発達心理学の分野では、言語をもたない動物や幼児も推論能力をもつということを示唆する数々の知見を提示している。それらの知見によれば、前言語期の幼児や人間以外のさまざまな動物種も、単なる生得的な解発機構や連合学習の結果では説明のできない仕方で問題解決を行うことができる。そして、こうした問題解決の過程を説明するためには、当該の幼児や動物に対して推論能力を帰属する必要があるとされる。

しかしながら、言語をもたない動物や幼児に対して推論能力を帰属するのは本当に妥当なのか、妥当だとして、そうした言語なしの推論はどのような本性をもち、どのようなメカニズムによって実現されるのか、といった問題に対しては、研究者のあいだで意見が分かれた状態にある。

2. 研究の目的

本研究では、こうした「言語なしの推論」をめぐる論争を題材に、動物や幼児へ推論能力を帰属することは妥当か、妥当だとして、そうした言語なしの推論はどのような本性をもち、どのような神経メカニズムによって実現されているのか、という問いに取り組む。こうした考察を通じて、「推論の自然化」へ向けた理論構築を行うことが本提案の目的である。

自然化とは、科学的に理解することの困難なある現象を、自然科学が描く物理的世界のなかに位置づけられるようにすることである。心の哲学の分野では、現在、意識や道徳といった、従来は自然科学で扱うのが困難であるとされてきた現象に関して、それらを自然化するための研究が活発に行われている。道徳の自然化に関する議論では、しばしば、人間における道徳能力をその構成要素となる基礎的な諸能力へと分解し、それらの各々がどのように進化の過程で獲得され、どのような神経基盤によって実装されているのかが問われる。同様に、本研究では、人間における推論能力がどのような基礎的な能力へと分解可能かを検討し、続いて、それらの能力の進化的な来歴とメカニズムに関する考察を、動物行動学や発達心理学、そして神経生理学などの知見を利用しながら行う。

3. 研究の方法

上記の目的に基づき、本研究では、主に関連する文献の精査とその哲学的な分析を通じて、以下の3つの問いに取り組むことで議論の構築を進める。また、得られた知見を用いて、実際の実験研究へ接続するという試みも行う。

(1) 言語をもたない動物や幼児に推論能力を認めることはできるか？

動物行動学や発達心理学では、統制された行動課題を利用することで、言語をもたない動物や幼児も、単なる生得的な解発機構や連合学習では説明のできない仕方で問題解決を行うことができる、ということを示唆する数多くの研究結果が報告されている。そして、推論能力こそがそうした問題解決を与えうるものとして幼児や動物に帰属される。だが、こうした研究に対しては、たとえば、高次条件づけや価値転移、ベイズ更新など、連合学習の側で利用可能な道具立てを豊かにすることで、推論能力を帰属することなく、動物や幼児の行動が説明可能であるという指摘がなされている。こうした主張の背景には、「動物の行動を解釈するときには可能な限り低次の心的能力によって説明せよ」という「モーガンの公準」が働いている。ここでは、モーガンの公準の妥当性を検討することを通じて、動物や幼児に対する推論能力の帰属が妥当であるか否かを検討する。

(2) 推論能力はどのような基礎的な諸能力に分解されるのか？

現代の心の哲学において、動物に対する思考や推論の帰属を肯定する議論には、解釈主義や常識的機能主義に基づくものがある。これらはいずれも推論の基礎単位を信念や欲求のような命題的態度とみなし、言語をもたない動物における命題的態度の保持を肯定する立場である。こうした議論は過度な知性化ないしは擬人化を行っているとは批判されうる。本研究では、これらに立場に対立するものとして提唱されている、ベルムデスによる「ミニマリスト・アプローチ」に基づいて動物における推論能力の分析を行い、命題的態度を基礎単位とする枠組みとは別の、過度な知性化を要求しない推論に対する見方を探る。その上で、推論能力がどのような基礎的な諸能力へと分解されるかを検討する。

(3) 推論能力はどのような神経メカニズムによって実現されているのか？

推論の神経基盤に関する研究は、これまで、人間を被験者とした fMRI（機能的核磁気共鳴画像法）研究を中心に進められてきた。そうした研究では、被験者に対して色々なタイプの演繹的ないしは帰納的な推論を行わせ、そのときにどの脳部位が強い活動を示すかが調べられてきた。それらの研究では、推論が言語的なものであることは前提とされており、非言語的な推論は考察の視野から外される傾向があった。ここでは、(1) および (2) における議論を踏まえ、推論能力の分析に基づき、言語なしの推論を構成する基礎的な諸能力がどのような神経メカニズムによって担われており、どのように推論の実現に貢献しているのかを、霊長類やげっ歯類を用いた神経生理学の知見を参照しながら検討する。とりわけ、推論との関係が指摘されている前頭前野内のネットワークが考察の中心となる。こうした神経ネットワークの機能に関しては、機械学習に基づく人工知能を用いたモデル論的な研究も盛んであり、そうしたアプローチからの研究についても検討を行う。また、こうした議論から得られた知見を、報告者が従事している霊長類を用いた行動的・神経生理学的な研究へと接続することも試みる。

4. 研究成果

(1) 言語をもたない動物や幼児に対する推論帰属の妥当性

第一に、動物や幼児に対する推論帰属の可否に関する検討について述べる。近年の動物行動学や発達心理学における諸研究は、言語をもたない動物や幼児における推論能力の存在を示すさまざまな知見を提示している。しかし、その一方で、そうした主張に対する懐疑的な見解も根強くみられる。そうした懐疑的な見方によれば、動物が推論能力を利用して解決しているとされる行動課題は、実際には推論よりも「低次」の能力によって解決可能であり、当該の課題における成功は推論能力の帰属を正当化するものではない。こうした主張において陰に陽に働いているのが、比較認知の父とされる C. L. モーガンによる「モーガンの公準」である。モーガンの公準とは、「動物の行動が心理学的な尺度において低次にある心的能力を発揮した結果として解釈可能なときには、それを高次の心的能力を発揮した結果として解釈してはならない」というものである。

本課題では、モーガンの公準をめぐる近年の解釈と議論を参考に、「モーガンの公準は果たして妥当な公準であるか、妥当であるとすればどのような解釈においてであり、どのような実践的な含意を有するか」という問題を考察した。そのために、まず、モーガンの公準を、先行研究を参照し、「方法論的保守主義」と「方法論的抑制主義」という二つの解釈に分けた。そのうえで、方法論的保守主義における心理的能力の高低の基準に関する可能な解釈として、「因果的優先関係」、「概念的含意関係」、「行動的包摂関係」の三つの分類を取り上げ、それぞれの問題点を指摘することで、方法論的保守主義が維持可能な解釈ではないという点を確認した。続いて、方法論的抑制主義としてのモーガンの公準に対してなされている批判を検討し、方法論的抑制主義は維持可能ではあるが科学の前進にとって有益ではないという点を確認した。最後に、何人かの論者がモーガンの公準に代わるものとして提案している「証拠主義」を検討し、それが「課題難度の頭打ち」という潜在的な問題を抱えているという点を明らかにした。そして、この問題を証拠主義の枠組みのなかでどのように克服可能かを実際の推論研究に即して検討した。結果、動物への推論帰属に対する懐疑主義は科学の正常な営みのなかで「弱体化可能」であり、その限りにおいて、動物に関する推論研究の知見は自然化において有効な資源となりうる、ということが導き出された。

(2) 非言語的な推論能力の構成要素に関する分析

第二に、動物や幼児における非言語的な推論能力の心理学的・神経的メカニズムに関する分析について述べる。ここでは、心の哲学において提案されている「ミニマリスト・アプローチ」という見方に基づいて、そうした推論能力がどのようなサブ能力に分解可能かを検討した。

ミニマリスト・アプローチにおいては、動物や幼児における言語なしの推論を、ミニマルに——すなわち、動物や幼児を過度に知性化（擬人化）することなく、それらの示す行動から問題なく帰属可能な能力の範囲内で——解釈してゆくことが目指される。そのために、命題的思考と対照される「技能的思考」という道具立てが導入される。技能的思考は命題的に分節化されていない知覚イメージや身体イメージのような表象を用いて行われるものである。命題的思考のレベルでは、動物の行動に対する心理学的な説明は、欲求や信念などの命題的態度に基づいて行われるのに対し、技能的思考のレベルでは、当該の動物がもつ目的欲求（目的となる対象や性質を欲求すること）を特定することに還元される。

命題的思考のレベルでの推論においては、否定（～ではない）、連言（かつ）、選言（または）、含意（ならば）のような論理結合子に相当する概念が用いられる。ミニマリスト・アプローチが推論に対してとる戦略は、動物がこれらの形式に適合する推論を行っているときと解釈される場面を、当該の動物に論理結合子に相当する概念の習得を要求することなく、行動上の証拠から帰属可能な非言語的な技能や能力だけから説明するというものである。前件肯定、後件否定、選言三段論法といった基本的な推論形式は含意と否定の組み合わせによって表現できるため、ここでの問題は「いかにして否定と含意に相当するものを非言語的な動物認知のなかに見出さるか」というものへと単純化できる。その上で、否定は対立項をなす事態を把握することとして（原一否定）、含意は因果関係をなす事態を把握することとして解釈される（原一因果）。これらはいずれも行動上の証拠のみに基づいて動物に帰属可能な能力である。本課題では、推

論がその重要な機能を果たすためには、原 - 否定や原 - 因果といった道具立てに加えて、カテゴリー化を行う能力が必要となるという点についての議論も行った。

(3) 推論能力を実現する神経ネットワークの検討

第三に、推論を実現する神経基盤に関する検討について述べる。上記の分析により、言語なしの推論においては、原 - 否定や原 - 因果といった能力とともに、カテゴリー化の能力が必要であると考えられる。こうした議論を踏まえ、それぞれの基礎能力を実現するための神経基盤について、主に推論課題を用いた霊長類の神経生理学研究に基づいて検討を行った。カテゴリー推論課題を用いた研究より、前頭前野と皮質下の線条体とを比較した場合、線条体は選言的推論に対応する情報を担うことができるのに対し、カテゴリーを利用した推移的推論に対応する情報を担うことはできないということが明らかにされている。これに対し、前頭前野はカテゴリー化の能力に対応した神経活動を示し、推移的推論に対応する情報を担うことができる。線条体は選言的推論を利用することはできるため、原 - 否定や原 - 因果といった能力を行使することは可能であると推測されるが、カテゴリー化の能力を欠いているため、推論を通じて未知な状況での適切な予測を行うことはできないと考えられる。ヒトは高度な知性を獲得することでさまざまな環境において適応的な行動を示すことができるようになったが、その一因はヒトにおいて大きく発達した前頭前野が可能とする優れたカテゴリー化能力にあると推察される。

加えて、以上で得られた知見を報告者が従事している霊長類を用いた行動的・神経生理学的な研究へと接続することも試みた。ヒトにおける豊かな推論能力には「対称性」が強く関与していると考えられている。人では幼児期から対称性推論（「AならばB」から「BならばA」を導くような推論）に基づく選択バイアスが顕著に働くのに対して、他の多くの動物種では対称性バイアスを示す行動的な証拠は得られていない。対称性推論は幼児期における語彙の爆発や柔軟な表象の操作に関係しているとしばしば主張される。この点で、対称性推論を可能にするメカニズムを解明することは、推論の自然化にとって重要な論点となると考えられる。

本課題では、対称性に関する文献調査およびカテゴリー機能に関する文献調査に基づき、「対称性推論で対となる刺激群がカテゴリーを形成することが、対称性推論の成立にとって不可欠である」という仮説を立て、従来の動物行動学的な研究で十分に行われていなかった「カテゴリー学習を経ての対称性推論のテスト」というパラダイムで、実際にマカクザルを用いた行動テストを行った。具体的には、複数の刺激ペアを用い、「AならばB」という順行性の対連合をマカクザルに学習させた上で、「BならばA」という対称性の対連合を刺激ペアの一つに関してテストし、さらにその刺激ペアの対称性対連合を学習させた。6つの刺激ペアに関してこうしたテストと学習を逐次的に行ったが、対称性バイアスを示す顕著な証拠は得られなかった。これらのテストで用いたサルは引き続きカテゴリー形成およびカテゴリー推論の神経基盤を解明するための実験で使用している。

さらに、本課題では、推論の神経基盤に関する人工知能を用いた計算論的な研究の可能性についても検討を行った。近年における深層学習の発展を受け、神経科学では、人工知能を単なるデータ解析の道具としてではなく、どのような計算原理に基づいて神経回路が諸々の機能を実現しているかを解明するための源泉となるモデルとして捉えようという動きが生じている。すなわち、脳が実現している何らかの機能を遂行するように人工知能を構築し、その人工知能に対するリバース・エンジニアリングを行うことで、脳機能を実現する計算原理に迫ろうというアプローチである。こうしたアプローチに関する文献調査を行うことで、まず、そこには「深層学習における中間層のブラックボックス化」と「深層学習における機能の非生物学的な実現」という二つの問題があるという議論を展開した。そして、前頭前野が実現している計算機構の解明という観点から、どのようにこれら二つの問題を克服しうるかを、感覚皮質の場合と比較しつつ提案する議論を構築した。感覚皮質とは異なり階層性の明白でない前頭前野においては、再帰型ニューラルネットワークを用いて神経ダイナミクスを解析するという方法がありうる。だが、そこには「細胞群の非等質性を扱っていない」という問題と「文脈情報が外部依存的に扱われている」という問題が指摘される。これらの問題に対し、前頭前野の重要な機能がモデル構築とそれを用いた情報処理にあるという観点から、パターン認識に留まらず「モデル構築」を行う人工知能を開発するとともに、モデルベースト処理遂行中の前頭前野からの大規模同時記録を実現し、両者を補完的に活用する必要があるという指摘を行った。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

1. 田中慎吾・小口峰樹・坂上雅道 (2016) 「前頭連合野の認知機能：推移的推論と前頭前野外側部」, 『Brain and Nerve』, 68(11), 1263-1270, 査読なし

[学会発表] (計 4 件)

1. 小口峰樹, 「ウイルスベクター二重遺伝子導入法を用いた化学遺伝学的不活化によるマカク前頭前野-線条体回路の機能解明」, 平成 30 年度第 1 回大脳基底核機能研究会, 2018 年
2. 小口峰樹, 「人工知能と生物知能——深層学習から神経科学への寄与」, 科学基礎論学会

2017 年度秋の研究例会, 2017 年

3. Mineki Oguchi, "Animal inference and Morgan' s canon," 17th biennial conference of the international society for theoretical psychology, 2017
4. 小口峰樹, 「動物における実践的推論とモーガンの公準」, 日本科学哲学会第 49 回年次大会, 2016 年

[図書] (計 3 件)

1. 小口峰樹 (2017) 「命題的態度」, 『ワードマップ 心の哲学』, 信原幸弘編, 新曜社, 90-93.
2. 小口峰樹 (2017) 「知覚経験の内容」, 『ワードマップ 心の哲学』, 信原幸弘編, 新曜社, 166-171.
3. 小口峰樹・坂上雅道 (2016) 「言語なしの推論とその神経基盤: ミニマリスト・アプローチからの分析」, 『批判的思考と市民リテラシー』, 楠見孝・道田泰司編, 誠信書房, 35-57.

※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。