

氏 名	あ だ ち い く ま 足 立 幾 磨
学位(専攻分野)	博 士 (文 学)
学 位 記 番 号	文 博 第 358 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	文 学 研 究 科 行 動 文 化 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	ヒト以外の動物における感覚統合的概念の比較認知科学的分析

論文調査委員	(主 査) 教 授 藤 田 和 生	助教授 板 倉 昭 二	助教授 友 永 雅 己
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

ヒトは、さまざまな感覚様相の刺激を取り入れて、高度に発達した中枢神経系で処理するという戦略で環境に適応している。しかし、めぐり合うすべての事物を個別に学習し記憶していたのでは、脳の容量はどれだけあっても足りないであろう。ヒトは経験を通じて、共通の知覚的特徴や機能などに基づいて常に外界刺激の分類をおこない、多様で複雑な刺激の処理効率を向上させているのである。概念の形成といわれるこの能力こそが、ヒトの環境への現実的適応を可能にしているといっても過言ではなからう。

それではヒトは、いかにしてこのような概念形成能力を獲得したのであろう。概念形成能力はいかに進化してきたのか。

1960年代から、ヒトの概念形成能力の進化的起源を探るため、さまざまな動物種概念形成能力が分析されてきた。その結果、ヒト以外のさまざまな動物が、同じ概念に分類される複数の事例に対し、同じ反応を振り向けることを学習することが示された(Herrnstein & Loveland, 1964 他)。さらに近年では、動物が何を手がかりにこうした概念的行動をおこなうのかについても、人工的規則で記述される概念を利用して分析が進められている(von Fersen & Lea, 1990 他)。

しかし、従来の研究には、現在のヒトが獲得したような概念形成能力の進化を探るには不十分な点がある。第1は、概念に包含される事例は相互に知覚的に類似しているので、当該の概念的行動が、特定の刺激事例に対する学習とその般化によって生じているに過ぎないという批判を免れない点である。少数の研究は、例えばサル頭部と下肢といった共通点のない刺激に対し同一反応が向けられることを示しているが、これは例外的な事例でしかない。第2は、ある概念に包含される各事例は、行動の直接の弁別刺激となるだけでなく、その概念に含まれる他の事例、あるいはその概念を代表するようなプロトタイプを想起させることにより間接的に認知や行動を制御するという2つの機能を同時に持つと考えられる。しかし、ヒト以外の動物の概念を調べてきたこれまでの研究では、この第2点は全く検討されてこなかった。

本論文では、複数の感覚様相の刺激を事例として包含し、かつ上記の想起機能を持つ概念を感覚統合的概念と呼び、このタイプの概念の形成能力を分析することにより、上記の2つの問題を解決しようと試みた。このタイプの概念には異なる感覚様相の事例が含まれる。それらの間には知覚的類似性はない。したがって、その間の刺激般化を問題にすることはできない。すなわち、これを材料に用いて、多様な動物種を対象に、系統発生的位置や生活史に着目した比較をおこなうことにより、ヒトの概念形成能力の進化的起源を探ることができると考えられる。

これを実現するため、2つの新手法を開発した。第2章では、通感覚様相期待違反法と命名した独自の手法を考案し、ヒトと系統発生的位置や生活史の異なる6種を被験体として実験をおこなった。

期待違反法とは、ヒト乳児における認知発達を分析するために考案された手法である。この手法では、まず被験児にある事象Aを呈示する。続いて、その事象から期待される事象B、期待に反する事象C、のいずれかを呈示する。もし乳児が、おとな同様に事象Aから事象Bを期待するならば、事象Cが呈示された際には、その期待が裏切られたこと(期待違反)によって驚くであろう。その結果、事象Bと事象Cに対する乳児の注視行動に違いが現れると予測される。

本研究では、この期待違反法を複数感覚に拡張して実験をおこなった。まず、被験体をモニターの前で保定する。試行開始時は、モニターは不透明な衝立で隠されており、被験体からは見えない。モニターに近接して設置されたスピーカーからある聴覚刺激を呈示する。その後、その聴覚刺激と一致する、または一致しない写真刺激をモニターに呈示し、衝立を取り除く。写真刺激呈示中の被験体の刺激に対する注視時間を測定し分析する。もし被験体が当該刺激に関する感覚統合的概念を保有し、聴覚刺激がどのような概念に属するのかを同定し、さらにその概念に含まれる視覚的表象をも想起するならば、聴覚刺激と写真刺激が一致しない時には期待違反が生じ、注視時間に変化が生じると考えられる。なお、本研究では、「種」と「異種の他個体」という2つの社会的概念に焦点を当てた。

実験1-a, bでは上述の手続きを用いて、ニホンザル乳児が、同種であるニホンザルと、異種であるヒトの感覚統合的概念を形成しているのかを調べた。その結果、ニホンザル乳児は、極めて早期に同種の感覚統合的概念を形成するのみならず、生育歴にヒトとの接触経験を豊富に持つ場合には、ヒトという異種の感覚統合的概念をも形成することが示された。これは、彼らの感覚統合的概念を形成する能力が、同種に限定されているわけではなく、少なくともヒトという種にまで拡張できる柔軟性を持つことを意味している。またヒトとの接触経験が乏しい個体では、ヒト音声呈示後の不一致条件で期待違反が生じた証拠は得られなかった。これは、未知の音声が出た場合、衝立の後ろに既知の対象が隠れているはずはないという排他律による推論を、サルはこの状況ではおこなわなかったことを意味する。

実験2から4では、新世界ザルのフサオマキザル、リスザル、及びコモンマーモセットが、他種であるヒト個体の感覚統合的概念を形成しているかを調べた。その結果、コモンマーモセットではヒト飼育者の感覚統合的概念を形成していることが示されたが、フサオマキザルとリスザルでは、統計的に有意な差はみられなかった。これは、被験体数が少なかったことが原因と考えられる。

興味深いことに、新世界ザル3種は、一致条件時に、不一致条件時よりも長く視覚刺激を注視するという共通の傾向を示した。ニホンザルとは全く逆の傾向である。これは、本実験状況下で被験体が、不一致条件時に音声の発声主を探すような行動を取り、その結果、視覚刺激へのかれらの注視が短くなったためとも考えられる。こうした傾向は樹上性の強さに関係しているかもしれない。樹上では視界が限定される。そうした環境では、視覚的スキャンにより音声の発生源を特定することが、捕食者対策や同種との関係調整などに重要なものかもしれない。おそらく新世界ザル3種は、感覚統合的概念を形成する能力を共有しているものと思われる。

実験5では、系統発生的位置はヒトからは遠いが、10万年にわたりヒトと環境を共有してきた種であるイヌを被験体に用い、彼らが飼い主の感覚統合的概念を形成しているかを分析した。その結果、イヌがこの概念を形成していることが示された。さらに興味深いことに、未知音声呈示後の不一致条件においても期待違反が生じ、イヌは視覚刺激を長く注視した。これは、イヌが排他律をもちいた予測をおこなったことを示唆している。これまでに、イヌが排他律を用いて物の名前を学習することが報告されている(Kaminski et al., 2004)。本実験における結果は、この報告とも矛盾せず、イヌは未知人物の音声を聞いた場合に、未知人物がそこにいると期待していたと考えられる。系統発生的にはよりヒトに近いニホンザルやフサオマキザルには確認されなかった排他律をもちいた予測をイヌがおこなうことは、イヌが長い家畜化の歴史の中でヒトと生活環境を共有することにより、概念形成能力をヒトの持つそれに近い形へと進化させたことを示唆しているかもしれない。これは、認知能力の進化に関わる環境の要因を考える上で非常に興味深い事実である。

実験6では、イヌ同様家畜化された動物種であるウマをもちいた。ウマの家畜化の歴史は5000年程度と言われている。2～3万年とも言われるイヌの家畜化の歴史に比べるとこれは短い。家畜化の歴史が認知能力の進化に与える効果を考える上でウマは重要な存在である。実験の結果、ウマもヒト飼育者の感覚統合的概念を形成することが示された。しかし、本実験では、既知人物のみを刺激にもちいたため、かれらがこの実験状況下で排他律をもちいた予測ができるかはわからない。今後の検討が必要である。

これらの研究により、多様な哺乳類動物種が感覚統合的概念を形成していることが示された。また、上述の手続きが多様な種の比較にかなう手法であることが確認された。しかし同時に、以下の問題点も確認された。1) 注視時間は個体差が大きい。実験中の微細な要因により影響を受ける可能性がある。そのため、安定した結果を得るには多数の被験体を調べる必要がある。2) 期待違反の結果生じる行動上の変化を一律に予測できない。種の生活史や行動特性によりそれは変動し

うる。3) 刺激への馴化が生じやすいので、1 個体から多様な条件の資料を得るのが難しい。すなわち詳細な分析が困難である。

第3章では、通感覚様相期待違反法が内包するこれらの問題を解決するため、新たに遅延象徴見本合わせ課題を応用した手続きを開発し、リスザルを対象に、飼育者の感覚統合的概念の形成能力を再度分析した(実験7)。

まず、被験体に飼育者の写真の弁別を訓練した。試行間間隔の後、被験体がレバーを押すと、1 枚の写真(見本刺激)がモニター上に呈示される。被験体が見本刺激を触るとその刺激は消え、直ちに比較刺激が呈示される(0 秒遅延手続き)。被験体は見本刺激を記憶し、それに割り当てられた無意味な図形(比較刺激)に触れることにより報酬を手に入れることができた。正反応率が学習基準を満たした後、テストセッションに移行した。テストセッションでは、テスト試行が訓練試行に挟み込まれた。テスト試行では、見本刺激が消えた後比較刺激が呈示されるまでの間に、見本刺激と一致する、あるいは一致しない音声呈示される。もし被験体が、飼育者の感覚統合的概念を形成しているならば、不一致条件時には、呈示された音声から被験体が想起した表象が、見本刺激で呈示された人物についての記憶痕跡に干渉を与えると予測される。つまり、見本刺激と音声刺激が一致しない時の成績は、一致時よりも低下すると考えられる。

主飼育者の異なる2頭のリスザルを対象に、主飼育者と副飼育者の写真と音声を用いて検討した結果、彼らがいずれも主飼育者の感覚統合的概念を形成していることが示された。他方、副飼育者の概念は示されなかった。こうした概念の形成は、接触経験の豊富さに依存して生じるようである。

本実験結果から、この新たに開発した手続きの有用性が確認された。この手続きは訓練が必要であり広範な種比較には向かないが、通感覚様相期待違反法に内包される前述の問題点を全て解決し、さまざまな刺激の組み合わせを用いることで、被験体の持つ概念を詳細に分析することを可能にする有望な手法である。

本研究では、2つの異なる手続きを用いてヒト以外の動物6種の感覚統合的概念を分析した。その結果、おそらく被験体数の不足のために全ての種で統計的に有意な結果は得られなかったものの、その傾向の共通性から、おそらく実験をおこなったすべての動物種が感覚統合的概念を形成しているであろうことが推察された。これは、概念形成能力に関する比較認知科学的分析をさらに高める上で、非常に重要な一歩となるであろう。特に、下記の4点に研究を発展拡張する必要があると思われる。すなわち、1) 動物の持つ感覚統合的概念の形成能力には領域固有性があるのか、2) 動物の持つ感覚統合的概念に視聴覚以外からの情報も含まれるのか、3) 動物の持つ概念は階層構造を持つのか、4) それらを支える脳活動はいかなるものか、である。このように多様な視点からヒトとヒト以外の動物の概念形成能力を分析し比較することにより、ヒトとヒト以外の動物の持つ概念の類似点と相違点を総合的に把握することができると期待される。そうした作業の後、系統発生的位置、生活史といった軸上に各動物種を配置し、それぞれの種の持つ概念の類似点や相違点を記述することで、概念の各特徴がどのような要因で進化したのかを考察することが可能になるであろう。こうした一連の考察を精緻化し、理論化することにより、われわれヒトが現在持つような概念形成能力の進化的な進歩が、いつ、いかなる要因で、どのように生じたのかを明らかにすることができよう。

論文審査の結果の要旨

環境に存在する刺激は極めて多様で複雑なので、単純な神経系を持つ多くの動物は、その中から必要な刺激だけを抽出し、処理を軽減して適応している。粗雑な模型の下半分が赤ければ攻撃を仕掛けて追い払うイトヨなどは、そうした事例の典型である。これは節約的で、ある意味極めて賢明な生き方である。

他方ヒトは、進化の過程で逆の生き方を選択した。大量の情報を取り入れ、中枢神経系で処理をして行動を決定するやり方である。全ての情報を個別に処理しては、神経系はその負荷に耐えきれない。処理の効率を上げる1つの方法は概念の形成である。概念に基づく行動は、それを構成する各個別事例相互間の違いを認識しつつも、あえて個別属性を捨象し共通属性に注目するという二重性から産出される。概念的行動は、処理負荷の飛躍的軽減と、応用力豊かな適応を可能にする。これは今日のヒトの繁栄を導いた最も重要な基礎的認知機能の1つといえよう。

この認知機能はヒトにおいて突然出現したものではない。従来の研究から、鳥類や霊長類などで種々の概念の形成が示唆されている。例えばハトは、ヒトが写った多様な写真をつつき、そうでない写真をつつかないことを容易に学習する。つま

り多くの動物は、概念の最も基本的な性質を満たす行動を取りうるのである。

しかし従来の研究には大きな問題点があった。第1に、概念を構成する刺激事例は必然的に相互に類似しているので、特定の刺激に対する学習が、類似した刺激に般化したに過ぎないという批判を免れない。第2に、少なくともヒトにおいては、概念を構成する各事例は、相互的にあるいは概念の典型事例を想起させる機能を持っている。例えばサンマの焼ける匂いを嗅げば、サンマの姿を思い浮かべる。しかし概念のそうした機能について、ヒト以外の動物では全く分析がなされていない。

本論文において論者は、複数の感覚様相にまたがる概念を利用した巧妙な実験により、過去40年にわたり誰も解決できなかった上記の問題を解決したのである。

主論文は4章からなる。第1章では、従来のヒト以外の動物を用いた概念形成研究及び諸関連研究の総説から、上記の問題点が浮き彫りにされ、その解決への扉が開かれる。論者は、複数の感覚様相の事例が含まれ、上記2の性質を持った概念を「感覚統合的概念」と呼び、自らの概念研究の中心にこれを据えることを宣言する。

第2章は、通感覚様相期待違反法と命名された独自の手法による多種比較実験の報告である。この手法は、概念の1事例である音声を動物に提示し、次いで同じ概念に属する、あるいは属さない視覚事例を提示し、それに対する注視時間を測定するものである。もし音声（例えばサルの鳴き声）が同じ概念の視覚像（サルの写真）を想起させるなら、音声に続いて別概念の視覚事例（例えばヒトの写真）が出現すれば、期待が裏切られた動物は、その刺激に対する注視行動を変えると予測される。この手法により、群れ育ちのニホンザル乳児は早期から「同種」の概念を持ち、期待に違反する視覚刺激を長く注視することが示された。飼育室育ちでヒトとの接触経験の豊富なサル乳児においては「ヒト」概念が形成されていることも示された。さらに、フサオマキザル、リスザル、コモンマーモセットという新世界ザルの「同種」概念が分析された。マーモセット以外は個体数が少なく統計的に有意な結果は得られなかったが、興味深いことに、いずれの種でも、期待に合致した視覚刺激をより長く見た。この理由については樹上性の生活史との関連で考察されている。最後にイヌとウマを対象に、「飼い主」あるいは「世話人」の概念の形成が示された。

これほど多様な動物に感覚統合的概念が存在するという事実は、ヒトの概念形成能力が、少なくとも哺乳類の長い進化史を通して育まれてきたことを示している。これは比較認知研究において革新的な意義を持つ新知見といえる。訓練が不要で極めて簡便な独創的な手法でこれを示した方法論上の意義も大きく、これによりさらに多様な種の直接比較への道が拓かれたと言って良い。

第3章では、記憶課題への干渉を利用した全く別の手法を用いて、リスザルの「飼育者」概念が分析された。まず親密度の異なる2人の飼育者の写真を見本として提示し、それが消えたあとに対応する図形を選択することを学習させた。テストでは、図形選択直前に見本と一致する、あるいは一致しない飼育者がサルを呼ぶ声が挿入された。サルの成績は、親密度の低い飼育者の写真のあと親密度の高い飼育者の声が提示される条件で著しく低下した。すなわち、リスザルは音声から飼育者の視覚像を想起していることが示された。この手法は訓練を必要とするが、少数個体から精密な安定したデータが得られる感受性の高い手法であることが示された。

第4章では実験の成果が総括され、展望が述べられる。議論の中で最も重要と思われるのは概念の階層性への接近可能性である。ヒトは概念を階層的に構築する。例えばある個人はヒト概念の1事例であるとともに、その上位概念である哺乳類、さらには動物の1事例でもある。こうした階層性を持つ概念は、ヒト以外の動物ではこれまでほとんど検討されていない。感覚統合的概念の共有が確認されたいま、階層性を持つ概念がヒト独自のものか否かは、概念的行動の進化を考える上で、極めて重要な問いである。論者は、第1刺激からの想起の強さを階層間で比較分析することにより、この問いへの接近が可能ではないかと示唆している。これは概念の比較認知科学的研究をさらに大きく発展させる手がかりとなるかもしれない。

以上述べてきたように、本論文は従来の動物の概念形成研究の枠を打ち破る画期的な研究報告であるといつてよい。感覚統合的概念という新たな標的をテーマに据え、訓練の不要な手続きにより、多種の直接比較を可能にし、かつそれを実践したのみならず、さらに詳細な分析を指向した手法により一段と研究を発展させ、概念の比較認知科学的研究の新たな地平を拓いたことは、特段の評価に値するであろう。

もちろん問題点もある。期待違反法を用いた実験で、テストした3種の新世界ザルはいずれも期待違反刺激よりも期待合致刺激に対して長い注視時間を示したが、これに関する考察がやや不十分であると思われること、また問題にされた概念の

内容が種により少しずつ異なっており，完全な直接比較ではなかったこと，見本合わせを用いた実験は，リスザルただ1種でしかおこわれたなかったこと，などである。しかし，これらは些細な問題であり，むしろ研究の面白さ故の高望みというものであろう。今後の研究のより一層の発展に期待したい。

以上審査したところにより，本論文は博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。2006年2月20日，調査委員3名が本論文とそれに関連したことがらについて口頭試問をおこなった結果，合格と認めた。