

博士學位論文要約

論文題目： ラットの物理的因果理解

氏名： 永野 茜

要約：

本研究の目的は、ラットを対象に道具使用課題を実施することで、ヒトはどのような進化の過程を経て高度な物理的因果理解能力を獲得したのかということを探明するための、げっ歯類のデータを提供することである。本研究では、複数の物体間で何らかの物理的因果関係が生じ得る場面で、ある事象 A（原因）の後に必ず事象 B（結果）が生じるということを理解するだけでなく、事象 A と事象 B の間にはどのような“力”が仲介しており、どのようなメカニズムで事象 A の後に事象 B が生じるのかということを探明する能力を物理的因果理解能力として定義した (Visalberghi & Tomasello, 1998)。かつては、高度な物理的因果理解能力を有するのはヒトだけであり、ヒトとヒト以外の動物を分け隔てるための 1 つの特徴であるとされていた (e. g., Baber, 2003)。しかしながら、ヒト以外の動物も物理的因果関係を理解する能力を有しているということが、数多く報告されている。例えば、オランウータンは訓練なしに、透明のチューブの中に入ったピーナッツを取り出すために、チューブの中に水を入れて、ピーナッツをチューブの下方部から上方部に移動させて獲得する (Mendes et al., 2007)。同課題を解くことができるのは、ヒトでは 6 歳頃からである。したがって、必ずしもヒトの方が、ヒト以外の霊長類よりも高度な物理的因果理解能力を有しているとは限らない。

げっ歯類においては、統制させていない場面で道具使用行動を観察した研究 (e. g., Shuster & Sherman, 1998) はあるが、物理的因果理解能力の検討は不十分である。統制された実験場面で道具使用課題を用いてげっ歯類の因果理解について検討したのは、デグーを対象にした研究のみである (Okanoya et al., 2008)。しかし、この研究では、物理的因果理解に基づく方略を用いなくても、訓練と同一の行動パターンで課題を解くことができた。したがって、げっ歯類も物理的因果関係を理解する能力を有していることを示した研究は 1 つもない。

そこで、本研究ではラット (*Rattus norvegicus*) を対象に道具使用課題を実施することで、げっ歯類の物理的因果理解を検証することを目的とし、4 つの研究を行った。全ての研究を通して、ラットに、前足の届かない位置にある餌を、道具を用いて獲得させる課題を実施した。

研究 1 (Nagano & Aoyama, 2017a) では、ラットは、ある特徴をもった道具を引き寄せることと餌の接近の物理的因果関係を理解して、機能的な道具を選択することができるか否かについて検討した。Nagano & Aoyama (2017a) では、実験 1-1・実験 1-2・実験 1-3 の 3 つの実験を実施した。まず、真っ直ぐ引き寄せるだけで報酬を獲得することができ

るフック型道具（正解フック）と、真っ直ぐ引き寄せても報酬を獲得することのできないフック型道具（不正解フック）のうちいずれか一方を選択させる訓練を実施した（実験 1-1）。この訓練は、正解フックを選択できるようになるまで実施し、道具と報酬がどのような空間的配置になっているときに道具が報酬に接触し、報酬が自分の方へ接近するのかわかることを学習する機会を与えた。訓練の後、引き寄せるだけで報酬が獲得できる熊手（機能的熊手）と熊手の板と水平面の間隙があるために、報酬を獲得できない熊手（非機能的熊手）のうちいずれか一方を選択させるテストを実施した（実験 1-2）。その後、一見、報酬を獲得できそうに見えるが、熊手の板の下方部は軟らかい刺繍糸でできているため、実際には引き寄せても報酬を獲得することができない熊手（非機能的熊手）と、一見、報酬を獲得できないように見えるが、熊手の板の下方部は透明な硬いアクリル板でできているため、実際には引き寄せるだけで報酬を獲得することのできる熊手（機能的熊手）のうちいずれか一方を選択させるテストを実施した（実験 1-3）。その結果、ラットは、道具の機能と見た目に矛盾がない場合（実験 1-2）は、機能的熊手を選択することができた。一方、道具の機能と見た目に矛盾がある場合（実験 1-3）は、機能的熊手と非機能的熊手を同じ程度、選択していた。なお、実験 1-2 および実験 1-3 のテストはそれぞれ、1セッション（36 試行）のみ実施し、2つの熊手間の選択を行わせる直前には、これらの熊手を30分間、探索させた。研究1の結果から、ラットは、道具の機能と見た目に矛盾がない場面において、餌の背後に道具の一部があるという空間的配置になっている場合、その道具を手前に引き寄せることで、その道具が餌に接触し、餌に対して道具の運動方向と同じ方向の力が加わることで、餌が接近するという物理的因果関係を理解することができるということが示唆された。しかし、道具の機能と見た目が矛盾している場面においては、道具の素材の探索という過去の出来事の心的表象を、道具の選択という近い未来に適用させるという高度な物理的因果理解能力を検出することはできなかった。

研究2 (Nagano & Aoyama, 2017b) では、ラットは訓練によって熊手型道具を餌の位置に基づいて操作するという基本的な能力を有しているか否かを検討した。初めの訓練では、被験体は、実験装置内における熊手と餌のセットの位置と、熊手に対する餌の相対的な位置の両方を、餌獲得のために適切な熊手の操作方向を決定するための弁別刺激として用いることができた。訓練後のテストでは、熊手に対する餌の相対的な位置しか弁別刺激として用いることができない場面で、ラットは、餌のある方向に熊手を動かすことができるか否かを検証した。訓練では熊手および餌を装置の端に置いたが、それに続くテストでは熊手および餌を装置の中央に置いた。なお、テストは1セッション（40 試行）のみ実施した。テストにおいて、8匹中6匹の被験体が餌の位置に基づいて道具を操作することができた。この結果から、ラットは熊手型道具を餌の位置に基づいて操作するという基本的な能力を有しているということが確かめられた。しかしながら、被験体は単に、訓練と同様に、報酬のある方へ熊手を操作することで報酬を獲得しただけであるということを示したに過ぎない。

そこで、研究3では、ラットは、訓練で、餌が道具の横に置かれた場面で道具を横方向に動かして餌を獲得するという経験をしなくても、テストで、餌の位置に基づいて道具を操作することができるか否かを検証した。研究3（実験3, 実験4）の訓練では共通して、

板の両端にガイドが付いた熊手を用いた。このガイドを付けることで、報酬が熊手の板の内側から出て、熊手の横に報酬があるという配置が生じず、報酬は常に熊手の板の内側にあった。実験 3 では 1 つのガイド付き熊手を引き寄せて餌を獲得させる訓練を実施した。実験 4 では、報酬が熊手の内側にあるために、真っ直ぐ引き寄せるだけで報酬を獲得することができるガイド付き熊手（正解熊手）と、報酬が熊手の外側にあるために、真っ直ぐ引き寄せても報酬を獲得することのできないガイド付き（不正解熊手）のうちいずれか一方を選択させる訓練を実施した。その後、研究 2 と同様のテストを実施した。その結果、実験 3 では 8 匹中 2 匹の被験体が、実験 4 では 8 匹中 3 匹の被験体がテストで餌の位置に基づいて道具を操作することができた。この結果から、テストで報酬のある方へ熊手を操作できた被験体は、刺激般化ではなく物理的因果理解に基づく方略を用いていたと考えられる。しかしながら、訓練で報酬が獲得できたときの事象は、テストで報酬のある方向に道具を動かしたときの事象の方が、報酬のない方向に道具を動かしたときの事象よりも類似度が高いため、この類似性に基づいた方略、すなわち物理的因果理解には基づいていない方略で道具を餌のある方へ操作したという可能性がある。

そこで、研究 4 では実験 5 と実験 6 を実施することにより、道具を引き寄せ、その道具が餌に接触した後に餌を獲得するという訓練を経なくても、テストで餌の位置に基づいて道具を操作することができるか否かを検証した。これら 2 つの実験の訓練では、熊手を横方向に動かさせる運動の訓練のみを行い、熊手と報酬を提示することは一切なかった。この手続きにより、道具が餌に接触し、餌が熊手の運動方向と同じ方向に動くということを知覚させないようにした。実験 5 の訓練では、熊手をある一定の距離以上、横方向に熊手を動かした場合にのみ報酬を与えた。実験 6 の訓練では、実験 5 よりも更に基準を厳しくし、ある一定の範囲内で横方向に熊手を動かしたときにのみ報酬を与えた。これら 2 つの実験の訓練に共通して、実験者は熊手を回収してから、直接、手で報酬を被験体に与えた。その後、研究 2 および研究 3 と同様のテストを実施した。その結果、実験 5 では 8 匹中 2 匹、実験 6 では 8 匹中 1 匹の被験体が、テストで報酬の位置に基づいて道具を動かすことができた。

以上の研究 1 から研究 4 の結果から、ラットを含むげっ歯類は、餌の背後に道具の一部があるという空間的配置になっている場合、その道具を手前に引き寄せることで、その道具が餌に接触し、餌に対して道具の運動方向と同じ方向の力が加わり、餌が接近するという物理的因果関係を理解する原初的な能力を有するということが示唆された。このことにより、初めて、餌報酬を獲得するために注意を向けるべき餌報酬以外の物体数が 1 個であるという要素を含む道具使用場面における物理的因果理解能力を、食肉目から霊長目までの種が有しているという物理的因果理解能力の進化の連続性が示された。更に、近い未来の道具使用行動に過去の探索に関する心的表象を適用させる能力の起源は、げっ歯類と霊長類が分岐した時点よりも後であるということが示唆された。