

2008年3月26日
独立行政法人 理化学研究所

ネズミの一種“デグー”を訓練して道具機能を理解させることに成功

- 脳の高次認知機能を研究するための新たな実験モデルを確立 -

身の回りには木や骨、石を道具として活用しはじめたことが、ヒトを“人間”にした、といわれるほど、人間と道具は切り離すことができません。人類の長い歴史の中で、道具が、人間の脳の知的活動などに大きな影響を与えることで、文化が生まれました。

このように、道具を使う行動は、ヒトの高次な認知機能と密接に関連するとされ、その脳内メカニズムを分子レベルまでさかのぼって解明する研究に期待が高まっています。一方で、人間以外のサルやカラスも餌をとるために道具を使っている様子が観察され、他の動物では・・・？ という状況が続いていました。

理研脳科学総合研究センター生物言語研究チームと象徴概念発達研究チームは、南米のアンデス山脈に生息している齧歯類（げっしるい）でネズミの1種の「デグー」が、訓練を重ねると道具を複雑に操作して餌をとるようになることを発見しました。これまで、齧歯類は、道具を使う能力がないとされていただけに、大きな衝撃となりました。

研究グループは、小さな熊手を与え、ただ単に餌を引き寄せて獲得できるばかりか、熊手を餌の外側に配置しても、ぐるりと回りこんで引き寄せるなどの複雑な操作をして、道具としての機能を発揮させて活用する訓練に成功しました。

複雑な認知機能が脳でどのように獲得されているのか、という大きな疑問に答えることができる、モデル動物が誕生したことになりました。

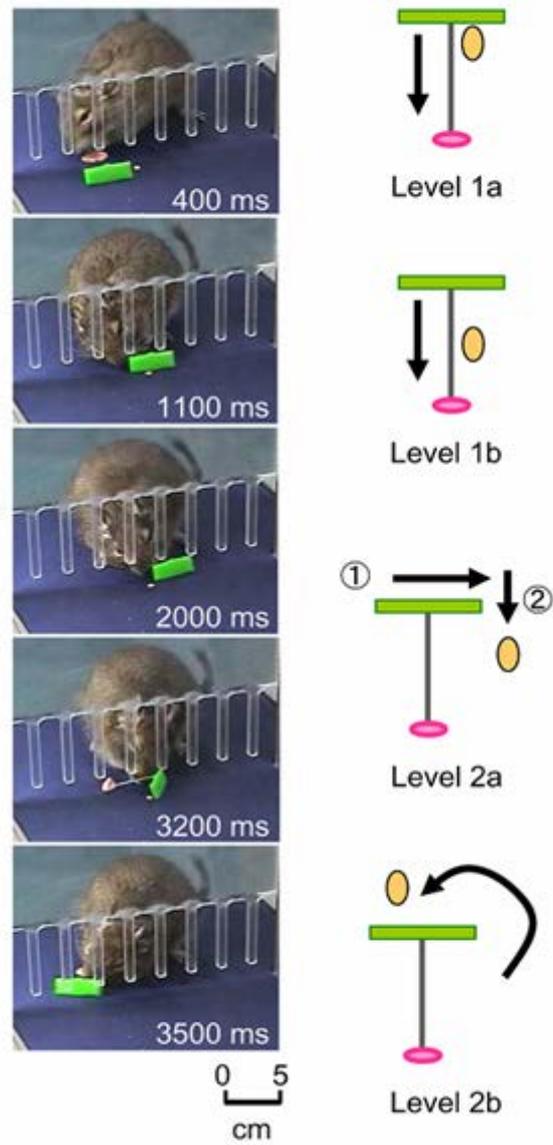


図 デグーの道具使用訓練、
2のレベルで複雑さが増す

2008年3月26日
独立行政法人 理化学研究所

ネズミの一種“デグー”を訓練して道具機能を理解させることに成功

- 脳の高次認知機能を研究するための新たな実験モデルを確立 -

◇ポイント◇

- デグーは訓練で、道具を使い餌をとることを学び、道具の機能も理解
- 道具を使う能力は、人間やサル、カラスに限定されず、一般的な能力で獲得
- ヒトの高次認知機能を分子レベルで解明する齧歯類モデルを確立

独立行政法人理化学研究所（野依良治理事長）は、ネズミ（齧歯類：げっしるい）の一種であるデグーを訓練し、道具を使って餌をとる行動を起こさせる実験モデルの確立に成功しました。この実験モデルを用いることにより、ヒトの高次な認知機能と密接に関連する道具使用行動の脳内メカニズムを、分子レベルまでさかのぼって解明する研究を推進することができます。本研究は、理研脳科学総合研究センター（甘利俊一センター長）生物言語研究チームの岡ノ谷一夫チームリーダー、象徴概念発達研究チームの入来篤史チームリーダーおよび時本楠緒子基礎科学特別研究員らの共同研究による成果です。

研究グループは、デグーを段階的に条件づけして、遠くにある餌を熊手の形をした道具で取るように訓練しました。はじめに、熊手の内側に餌を置き、まっすぐ引くことで餌をとることを訓練しました。次に、餌の位置を徐々に離して、熊手を横方向にも動かさなければ餌がとれないような状況で訓練を続けました。最後に、餌を熊手の遠方に置き、熊手をいったん餌より先に置いた上で、それから引き戻すように訓練しました。その結果、十分訓練したデグーは、ぐるりと円を描くような合理的な操作で餌をとるようになりました。その後、これまで使ったことのない色や大きさの熊手を与えたところ、デグーはそれらをすぐに用いて餌をとりました。また、熊手の歯を浮かせて餌をひっかけることができないようなものと通常の機能的な熊手とを与える、機能的な方を選びました。これらのことから、デグーは、熊手の外見からその機能を推測して適切な熊手を選ぶことができるようになっていることがわかりました。

この研究から、道具使用は、ネズミでも備えている、基本的な認知機能の組み合わせだけで可能な行為であり、サルやヒトのみが持っているとは仮定されるような特別な脳機能は必要ではないことがわかりました。道具使用の脳内機構を探る研究は、これまで霊長類であるニホンザルなどを対象として進められてきましたが、訓練期間・コストの問題などにより、分子生物学的な技術を応用して脳内機構を探るには限度がありました。今後、実験で扱いやすいネズミを道具使用のモデル動物として使用することで、道具使用に代表される複雑な認知機能が脳でどのように可能となるのかを分子レベルで解明する研究を推進することができます。

本研究成果は、米国の科学雑誌『*PLoS ONE*』（3月26日号）に掲載されます。

1. 背景

道具使用行動は、人間とサルやカラスなど一部の動物のみが持つ特別な能力なの
でしょうか？ ヒトは、いつから、どうやって道具を使えるようになったのか、道
具を使うために必要な脳のメカニズムはあるのか、これらの謎はまだ解明されてい
ません。これまで、ニホンザルなどを対象とした研究が行われてきましたが、研究
グループは、道具使用の脳内機構を解明するためには、実験で扱いやすい齧歯類（ネ
ズミ）を道具使用のモデル動物として確立する必要があると考えました。

研究で用いたデグーは、アンデス山脈に棲む、体長が約 12 センチ（尻尾の部分
を除く）、重さが約 200 グラム程度の大きさの齧歯類です。後ろ足で立ち上がった
状態で器用に前足を使うことに加えて自発的な入れ子操作^{*1}を行うことから、道具
を使用する可能性があると考えました。そこでデグーに熊手型の道具を与え、それ
を用いて手の届かない場所にある餌をとれるかどうか、また熊手を道具と認識でき
るかどうかについて検討しました。

2. 研究手法と成果

研究グループは、6 匹のデグー（オス 4 匹、メス 2 匹）に対し、幅が 3 センチメ
ートル、長さが 4 センチメートル、重さ 2.1 グラムのデグーサイズの樹脂製の T 字
型熊手を用いて、手が届かない場所にある餌をとらせる訓練を約 60 日間行いまし
た。訓練には、入来チームリーダーが開発したニホンザルの訓練方法を応用し、段
階的に条件づけする方法を用いました。

・条件づけ

第 1 段階：熊手をまっすぐ引いて餌をとる訓練

はじめに、デグーに熊手を引けば餌がもらえることを教えました。デグーの前
に、熊手と餌をまっすぐ引けば餌がとれる配置で並べておき、引き寄せる訓練
をしました（図 1A, Level 1a）。熊手を引いて餌を食べることができれば「成功」、
道具を置いてから 60 秒たっても餌がとれなければ、「失敗」としました。デグ
ーは、1 日目から前足で熊手を引くことができました。熊手と餌の距離を伸ば
していくと失敗も増えていきましたが、約 1 週間で長い距離を引いて餌を取る
ようになりました（図 1A, Level 1b）。

第 2 段階：熊手を横方向に操作する訓練

次に餌の位置を徐々に熊手から離していき、まっすぐ引くだけでは餌をとれな
い配置で訓練を行いました（図 1A, Level 2a）。デグーが餌を食べるためには、
まず熊手を横方向に動かしてから、引く必要があります。最初、デグーはこの
課題ができませんでした。一度失敗すると熊手から手を放してしまい、再び道
具を持つことはありませんでした。訓練を重ねるにつれて、少しずつ再挑戦す
るようになりましたが、左右に動かすばかりで手元しか見ていないことから、
まだ熊手を「手の届かない場所にある餌をとるための道具である」と理解して
いないと考えられました。

第3段階：熊手操作の熟達と機能の理解

第2段階の途中から、デグーは熊手を左右に動かすだけでなく、前に押し出すことができるようになりました。これに前後して餌が置いてある位置を確認するようになり、成功する確率が高くなりました（図1B）。この段階で、デグーは、最終段階に予定していた「熊手の向こう側に置かれた餌をとる」技術を、自ら試行錯誤しながら習得していきました（図1B, Level 2b）。また、訓練を重ねるにつれて道具の扱いが上手になり、合理的な引き方ができるようになっていきました（図2）。最終的には訓練を行った6匹すべてのデグーが、道具を使えるようになりました。

• 機能理解テスト

動物の道具使用でしばしば問題になるのは、行動パターンではなく認知的な側面です。つまり、何のために道具を操作しているかを、その動物が理解しているかどうか重要なポイントになります。そこで、訓練により道具を使えるようになったデグーが、熊手の機能を理解しているかどうかを調べるため、訓練を終えた6匹中、任意の4匹に対して5種類のテストを行いました。その結果、デグーは熊手を先に持たせた状態でも、後から置かれた餌をとりに行き、また、これまで使ったことがない色や大きさの熊手でも訓練と同じように使えることがわかりました（図3A、B）。また、外見はよく似ているものの歯が欠けているため餌を引き寄せることができないニセ熊手と機能的な熊手を並べて与えると、機能的な方を選んで使いました（図3C、D）。機能的な熊手を2個並べて与えると、どちらの熊手も同じように使いました（図3E）。また、道具を必要としない近い場所に餌を置くと、素手で餌を取る方法を用いました。

このことから、十分に訓練したデグーは、熊手を「手の届かない場所にある餌を引き寄せる」道具として認識しており、熊手の外見からその機能を推測して適切な熊手を選んでいることがわかりました。

3. 今後の期待

本研究は、道具を使えるとは考えられていなかった齧歯類が、訓練すれば道具を使えるようになることを示した世界で初めての報告です。道具を使う動物として、チンパンジーやカラスなどが知られていますが、ネズミがこのような熊手を使うことは想像すらされていませんでした。これまで、野生のデグーが道具を使うという報告はありませんが、今回、研究グループは、飼育下のデグーに道具を使って餌をとらせる訓練に成功しました。これにより、これまで道具を使うことなどないと考えられていた種でも、訓練により道具を使うようになる可能性が示されました。

ヒトの高次な認知機能と密接に関連する道具使用行動には、特別な脳機能が必要であると考えられていたことから、これまでは主に霊長類を対象とした研究が進められてきました。特に、脳内機能を調べる研究ではニホンザルが用いられてきましたが、動物の確保や飼育コストなどの問題があるため、分子生物学的な技術を用いた研究には限界があります。今後は、齧歯類など他の動物種を用いることにより、道具使用に代表される複雑な認知機構が脳でどのように可能となるのかを、分子レベルで解明する研究が推進できます。研究グループは、デグーにおける道具使用の脳内機構を分子レベルで解明し、ヒトの脳機能解明につなげることを目指しています。

(問い合わせ先)

独立行政法人理化学研究所

脳科学総合研究センター 生物言語研究チーム

チームリーダー 岡ノ谷 一夫 (おかのや かずお)

Tel : 048-467-7502 / Fax : 048-467-7503

脳科学総合研究センター 象徴概念発達研究チーム

チームリーダー 入来 篤史 (いりき あつし)

Tel : 048-467-9637 / Fax : 048-467-9645

脳科学研究推進部 宮澤 憲弘 (みやざわ のりひろ)

Tel : 048-467-9596 / Fax : 048-462-4914

(報道担当)

独立行政法人理化学研究所 広報室 報道担当

Tel : 048-467-9272 / Fax : 048-462-4715

Mail : koho@riken.jp

<補足説明>

※1 入れ子操作

大きさの異なる容器を順番に重ねる行動で、定位操作の一種。物体を道具として使用できる段階にいたる上で不可欠な条件とされている行動である。



写真 入れ子操作を行うデグー

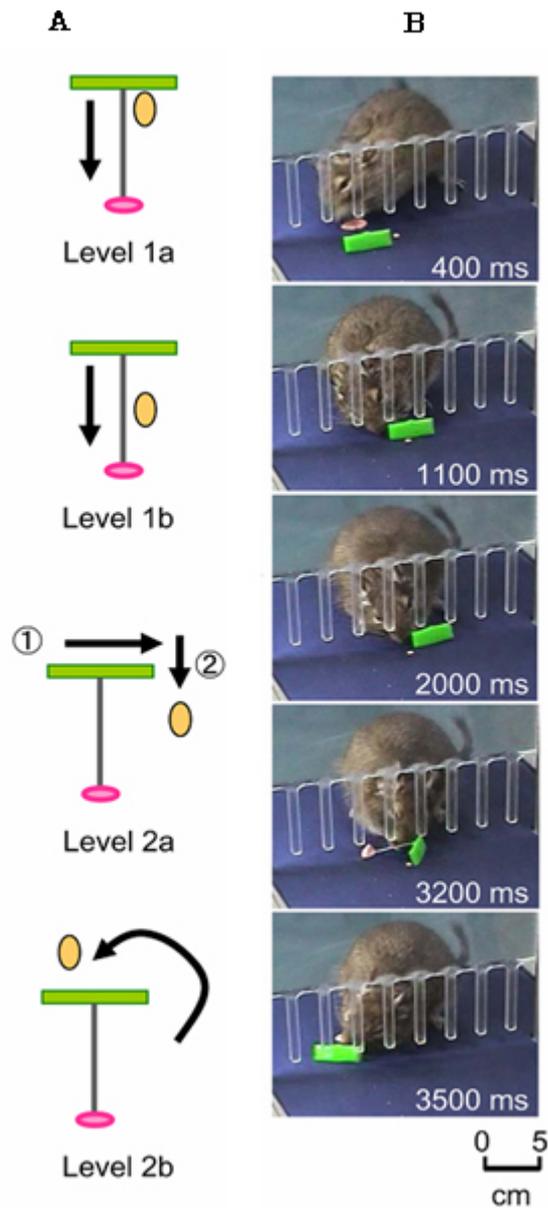


図 1 デグーの道具使用訓練

A : 訓練段階。Level 1 では熊手をまっすぐに引くこと、Level 2a では引く前に横方向に移動させること、Level 2b では前に押し出すことが要求される。

B : 最初、デグーは報酬を引き寄せることに失敗したが (1,100ms)、すぐに熊手を前に押し戻し、2 度目は、注意深く位置と角度を調整することで (2,000-3,200ms)、報酬を手に入れることに成功した (3,500ms)。

ms (ミリ秒) = 1,000 分の 1 秒

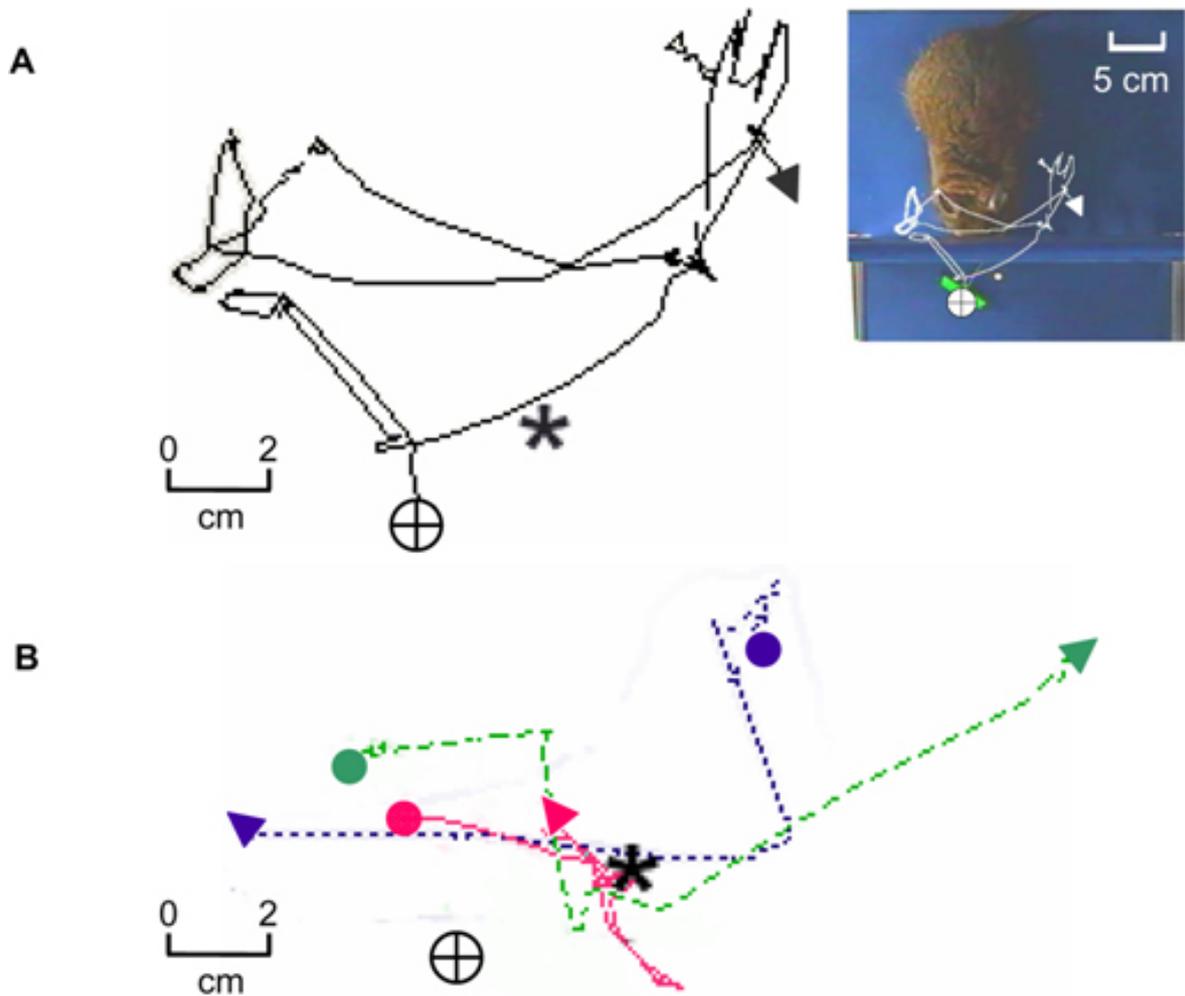


図2 道具の動かし方の変化

A：道具を前に出せるようになった頃の、道具先端中心部の軌跡。デグーはしばらくの間餌の周りで熊手を動かしていたが、餌をとることはできなかった。

B：上達していく過程を示した。道具の操作を獲得しつつある middle1 (—) ではまだぎこちないが、middle2 (---) から late (.....) にかけて軌跡が滑らかになり、合理的な引き方ができるようになったことがわかる。

(*がエサで、⊕は熊手を最初に置いた位置、●が軌跡の始点、▲が動きの方角と行動の終了地点を表す。)

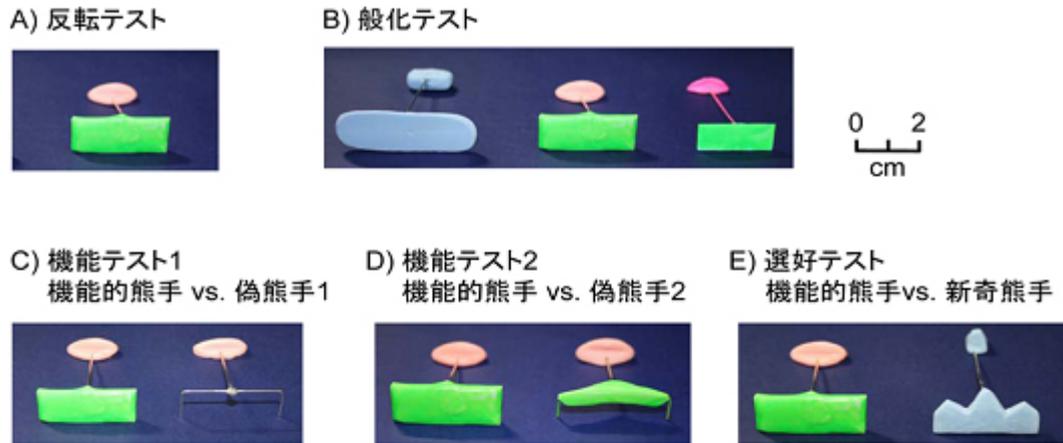


表 1. テスト結果 (%)

デグー No.	#1	#2	#3	#4	平均
A) 反転テスト	70	60	90	70	72.5
B) 般化テスト	100	100	100	100	100
C) 機能テスト 1	70	70	80	70	72.5
D) 機能テスト 2	70	60	70	70	67.5
E) 選好テスト	40	50	70	30	47.5

テストはいずれも 10 回ずつ行った。テスト A、B は道具を正しく使った回数、テスト C-E は、訓練で使用した機能的な熊手を選択した回数を示す。

図 3 テストに用いた熊手

- A) 反転テスト : 訓練とは異なり、熊手を持たせた状態で新しい餌を置いていくと、デグーは 72.5% の確率で自ら熊手を移動させて餌をとることができた。
- B) 般化テスト : デグーが見たことのない熊手を 2 種類用い、新奇な熊手であっても訓練と同じように使えるかどうかを調べた。デグーはいずれの熊手も訓練と同じように使うことができた。
- C)、D) 機能テスト : 訓練で用いた機能的な熊手と、歯の一部が欠けているため、餌を引き寄せることができないニセ熊手を同時に見せ、どちらを選んで使うか調べた。デグーは機能的な熊手を選ぶことが多かった。
- E) 選好テスト : 訓練で用いた機能的な熊手と見たことのない機能的熊手を同時に見せ、どちらを選ぶかを調べた。デグーは両方をほぼ同じ割合で用いた。