

解説



チンパンジーの認知と言語

ヒトとチンパンジーの認知機能の比較†

松 沢 哲 郎††

ヒトとチンパンジーの認知機能を直接に比較する試みについて述べたい。生物を対象とした学問において、比較という方法はきわめて普遍的な視点となっている。比較形態学、比較解剖学、比較生理学、比較行動学、比較生態学など、すでにそれぞれ固有の研究領域を確立している。比較において、近縁な種間の比較が重要になる。研究対象が認知機能であっても、同じことが言える。ヒトに最も近縁な種であるチンパンジー (*Pan troglodytes*) と比較することによって、ヒトがもつ知覚・認知機能の固有性と系統発生的基盤を探る一連の研究をしてきた。「比較認知科学」と呼ぶべき試みである¹⁾。本稿では、前掲書を出発点としてチンパンジーとヒトの認知機能の比較研究の成果をかんとんに紹介するとともに、情報処理にかんする工学的なアプローチとの接点を考察してみたい。

1. ヒトとチンパンジーの距離

チンパンジーは、アフリカのサハラ砂漠以南の熱帯降雨林とその周辺の疎開林に生息している。東はタンザニアのタンガニーカ湖東岸から、西はギニアやシエラレオネまで、東西に広く分布している。しかし森林の伐採や耕地化によってその生息域は寸断されている。タンザニアのゴンベ地区でのジェーン・グドールによる30年間にわたる長期継続研究をはじめとする社会・生態学的研究により、野生チンパンジーの生態が次々とあきらかになった。道具の使用・製作・運搬・所有、集団でおこなう組織だった狩猟と食物の分配、母子の深い絆、利他行動、子殺しやコミュニティ間での殺しあい。ヒトという動物のもつ明るい面も

暗い面も、チンパンジーの社会には色濃く認められる²⁾。

近年著しく進展している分子生物学的研究は、チンパンジーとヒトの距離をますます近いものにしていく。たとえば、血液タンパクであるヘモグロビンの α 鎖・ β 鎖のアミノ酸配列を調べた研究によると、ヒトとチンパンジーのあいだではアミノ酸配列にまったく違いがない。DNAハイブリダイゼーションと呼ばれる方法で、ヒトとチンパンジーのDNAレベルの違いをおおまかに推定すると、1.9%の違いしかない。最近の、イータ・グロビン偽遺伝子の2251塩基対のDNA配列を厳密に比較した例でも1.7%の違いしかなく、その遺伝的距離は、ウマとシマウマ程度の違いと言われている。ちなみにヒトとアカゲザル(ニホンザルと同じマカクザルの一種)では、8.8%の違いがあった。ヒトとチンパンジーが分岐したのはおよそ600—800万年前と推定されている。

現生のヒトはホモ・サピエンス (*Homo sapiens*) ただ一種だが、化石人類まで含めれば、同じホモ属には、ネアンデルタレンシス、エレクトス、ハビリス、というような種(あるいは亜種)がいる。さらにさかのぼると、アウストラロピテクス属 (*Australopithecus*) のように別属として分類されているヒトもある。今から300—400万年前に生息していたアウストラロピテクス・アファレンシス (*A. afarensis*) の頭蓋容量は約400ccで、容量だけでいえば現生のチンパンジーとほとんど変わらない。化石人類をも含めた最近の分類学的研究では、チンパンジーやゴリラやオランウータンといった現生の大型類人猿は、ヒト科 (Hominidae) に含める動きもある。ヒトはヒト科ヒト属、チンパンジーはヒト科チンパンジー属の動物ということになる。

† Comparison of Cognitive Functions between Humans and Chimpanzees by Tetsuro MATSUZAWA (Kyoto University, Primate Research Institute, Department of Psychology).

†† 京都大学霊長類研究所心理研究部門

2. 大型類人猿による「言語」習得

チンパンジーを被験者とした認知科学的研究が生まれてきた背景を説明しよう。チンパンジーのもつ認知機能を実験的に解明した最初の人材は、ゲシュタルト心理学者のケーラーである。1912年、アフリカのカナリー諸島のテナリフにプロシャ(現在のドイツ)が霊長類研究施設を建てた。ケーラーは、その放飼場に飼った一群のチンパンジーを対象として、道具の使用や製作についての研究をした(なおケーラーをはじめとした下記の研究の総説および個々の研究の文献については、文献1)を参照されたい)。2本の棒をつないでバナナをかき寄せる。箱を積んで高いところのバナナを取る。そうした行動がくわしく検討されている。また同じころ、ロシアのラディギーナ・コーツが、1歳半のオスのチンパンジーのあかんぼうを2年半育て、後に自分の子を育てて、ヒトとチンパンジーの認知機能の発達を4歳まで比較した。同様の試みは、ケログ夫妻、ジェイコブセン夫妻らによっておこなわれ、1930年代にその成果が報告されている。

チンパンジーの子どもを家庭で育ててみてわかることは、両者の認知発達がきわめてよく似ているということだ。ただし大きな違いとして、チンパンジーは音声言語を習得しない。かなり聞き分けののだが声に出ない。そこで、1940年代に、ヘイズ夫妻は、生後3日目から6歳半までメスのチンパンジーを育て、音声言語を教える試みをした。音声言語の理解はかなりできた。表出では、「ママ」「パパ」「カップ」「アップ」の4語をかるうじて発声できるようになった。しかしそこに含まれる母音は、かすれた「ア」の音ひとつしかない。まったく新しい視点、音声言語から手話への転換が、チンパンジーの認知機能の研究を展開させた。1969年、*Science* 誌に、「チンパンジーに手話を教える」という表題のガードナー夫妻の論文が掲載された。ヒトとチンパンジーのあいだで、手話を使って、双方向性のコミュニケーションが成立したという。この手話は、北米大陸のろうあ者のあいだで広く普及している、アメリカン・サイン・ランゲージ(ASL)と呼ばれるものだ。その後、チンパンジーの手話研究についていくつかの追試がされた。現在では、ゴリラやオランウー

タンでも、数百種類の手話サインを習得できることがわかっている。

ガードナー夫妻の研究と平行して、当時カリフォルニア大学にいたプレマック夫妻は、プラスチックの彩片を「語」としてもちいる方式で、やはりチンパンジーに人工言語を教えた。ガードナーとプレマックの研究を転回点として、大型類人猿に人工言語を教える試みが各地でおこなわれた。今でも続いているものとして、ヤーキス霊長類研究所のランボーらのグループのもの、オハイオ州立大のボイセンらの研究などがある。その結果、対象となる種の表現の媒体こそ違っても、大型類人猿が「語」のレベルで多様な表現・理解ができることが確認された。

1978年に、京都大学霊長類研究所で、室伏靖子(現、立命館大学)をオーガナイザーとしてチンパンジーの「言語」習得にかんする研究プロジェクトが始まった¹⁾。「手話」でなく、コンピュータで制御したキーボードをチンパンジーに与える方式が採用された。キーボード上の各キイには、複雑な幾何学図形の文字やアラビア数字やアルファベットや漢字が描かれている。これらを総称して「図形文字 (lexigram)」と呼ぶ。この図形文字のキイを押せば、フィードバック用画面にその文字が転写される。こうしたコンピュータの補助を得た装置を使えば、チンパンジーでも、数や色や物をいわば視覚性人工言語によって表現できるようになる。筆者は、アイという名の14歳になるメスのチンパンジーを主要なパートナーとして、人工の「言語」を教える試みを通じて、チンパンジーの認知機能の研究をしてきた。音声言語から視覚性言語へ、さらに言語という枠組みを越えてより広範な認知機能の比較研究へ眼を転ずることが、新しい研究の視点となると考えたからである。その過程で、アイは、アルファベットを識別し、アラビア数字を使い、図形文字をおぼえた。数や色や物のほかに、人物や身体部位など、多様な事象に「言語」的ラベルをはることができるようになった^{2)~7)}。

手話における身ぶりサインの場合も、上述の図形文字の場合も、ある事象(身ぶりや幾何学図形)が別の事象のラベルとして機能している。たとえば、親指をたてた握りこぶしをつくってそれを頬にあてるしぐさは、「りんご」という物をあ

らわす。プレマックのプラスチック彩片のシステムでは、青い三角形が「りんご」に対応している。アイが学んだ図形文字では、四角形とそれに内接する円と小さな塗りつぶされた円の複合図形が「りんご」をあらわしている。このように表現の媒体こそ違っているが、身ぶりサインや彩片や図形文字は、ヒトの言語における「語 (word)」, つまり意味をになう最小の単位, としての機能もっている。チンパンジーをはじめとする大型類人猿が、こうした「語」を習得できることは、もはや疑う余地がない。

最近では、音声メディアとした「言語」研究もある。ヤーキス霊長類研究所のサベージ＝ランボーらのグループは、カンジと名づけたオスのボノボ (ビグミーチンパンジー) に、図形文字と同時に英語の話しことばで接するようにした。「聞き取り」のテストでは、「DOG/BITES/SNAKE」と「SNAKE/BITES/DOG」のように、言順が違えば意味の異なるような言いまわしも聞き分けて、適切にふるまうという。さらに、自発的に発声を模倣するようになった。冷蔵庫からトマトをもって来るように言われると、「TOMATO」の音をまねて「ア・ア・ア」と自発的に声を出して取りに行く。玉ねぎと言われると、「ONION」の音をまねて「ア・ア」と言う。いずれも、英単語の音節の数とアクセントの位置が模倣されている。

3. 比較認知科学的研究の展開

人工言語を媒介として、チンパンジーの認知機能をヒトと同じ装置で同じ手続きで比較する研究をおこなってきた。主要な被験者である 14 歳のメスのチンパンジー・アイの名を取って「アイ・プロジェクト」と呼ぶその概要を述べよう。まず最初に、色の認識について述べる⁴⁾。

アイが習得した 11 の色彩語 (赤・橙・黄・緑・青・紫・桃・茶・白・灰・黒) の性質を、マンセル表色系の標準色票 (JIS-Z 8721) に対する命名によってしらべた。同じ色票をつかってチンパンジーとヒトの色命名を直接比較してみた。色名のテストとして、計 224 枚の色票を用意した。これら少しずつ色合いや明るさの異なる色票が、いったい何色に見えるのか、チンパンジー (アイ) とヒトにたずねてみた。ヒトは図形文字をかんとんにはおぼえられないので、11 の色名漢字

をキイに貼付した。それ以外の手続きは、チンパンジーとまったく同じである。その結果、以下のことがわかった。①チンパンジーが習得した色彩語は、ヒトのそれとほぼ同程度に安定して使用される。②ヒトとチンパンジーはたいへんよく似た色彩分類をした。③チンパンジーのデータは、ヒトの異文化間の相違の範囲に納まっている。最後の点についてもう少し詳しく説明しよう。

ヒトの色彩語彙の研究は、文化人類学の領域で組織的におこなわれている。色彩基本語の焦点はすべての言語において類似しており、互いに重複しないクラスタを形成する。ヒトの言語における色彩基本語の焦点に、チンパンジーによる色彩分類の結果を重ねあわせてみた。アイが安定して命名のできる領域とヒトの色彩基本語の焦点の領域とは、たがいに重なりあっていることがわかった。チンパンジーの色彩分類において境界となる領域に焦点をもつようなヒトの色彩基本語はほとんどないといえる。チンパンジーが習得した色彩語彙の分析結果から、ヒトに普遍的な色彩分類が、じつはチンパンジーをはじめとする大型類人猿にも共通した基盤をもっていることがわかった (文献 1) の図 4.4 参照)。

アイは、6歳のときに、アルファベットの 26 文字を習得した。第 1 日目で、すでに彼女の成績は正答率 40 パーセントを越えていた。まちがえやすいのは、K と X, L と T, V と Y, M と W, E と F, C と G など。しかし、1 日約 30 分間の勉強で、23 日目にはアルファベット 26 文字を完璧に識別できるようになった。最初の 10 日間のデータについて、どの文字をどの文字とまちがえたかという混同行列をもとに、知覚された文字の類似性を定義した。結果はヒトとよく似ている。形の知覚も、ヒトとチンパンジーでは大差のないことがわかった (6. および文献 1) の図 5.3 参照)。

次に、文字を遠くに置いてだんだん小さくしてみた。ヒトと同じ方法の視力検査である。3メートル離れた場所に提示された高さ 3 ミリメートル以上の大きさの文字ならば識別できることがわかった。識別可能な最小の文字と同じ大きさのランドルト環 (C の文字に似た切れ目のある環) に換算してみて、両眼での視力は約 1.5 と判明した。

複雑な形の知覚の延長に、顔の認知 (相貌認知) の問題がある。アルファベットのうちの 10 文字

を、5人のヒトと5人のチンパンジーの名前にした。哲郎はZ、俊夫はT、順三はX、アキラはA、マリはM、アイ自身はLというように。顔写真だけでなく、半身、全身、横顔と、いろいろな写真をみせてみた(図-1)。その結果、①こうした個体の命名はきわめて速やかに学習する。②ヒトはヒトとまちがえ、チンパンジーはチンパンジーとまちがえる。ごく稀にヒトをチンパンジーとまちがえることはあるが、その逆は決してない。③ヒトとチンパンジーの写真を左右にならべて2枚同時に見せると、チンパンジーのほうをさきに答える傾向がある。④個体別にみると、アイ自身をまず最初に答えることが統計的にも有意に多い。なぜか松沢が一番後回しにされやすい。その順番は、個体認知の正確さとは関係なく決まっている。③と④から、自分の属する種中心的かつ自己中心的な認識をその順序の中にもみてとれる。

どんなに見慣れたヒトの写真であっても、逆さまにされるとだれだかすぐにはわからない。ところが、チンパンジーは写真を逆さまにしてもすぐ識別する。次のような実験をした(板倉昭二・友永雅己との共同研究である)。チンパンジーの前に、2台のモニターテレビがある。向かって左側のテレビの下にあるボタンを押すと、テレビ画面に顔写真が映る。ただし顔写真は必ずしも正立していない。正立、180度回転した倒立、時計回りに90度回転、反時計回りに90度回転、以上の4条件がでたらめな順序で提示された。チンパンジーに与えられた課題は、だれが映っているかをできるだけ速く答えること。チンパンジーが「問題ください」のボタンを押すと同時にテレビ画面に顔写真が現れる。写真がでてから、右側のテ

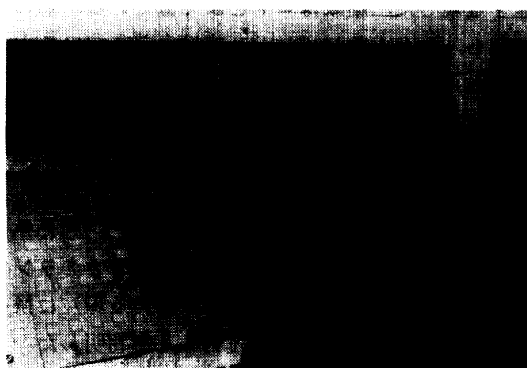


図-1 キーボード上のアルファベット1文字で個体名を表現する学習をしているチンパンジー

レビに映し出されたアルファベットの中から当該の1文字を選ぶまでの時間が精密に測られた。ヒトも被験者となって同じ実験に従事した。

面白いことが二つわかった。まず第1に、ヒトにはヒトのほうが、チンパンジーにはチンパンジーのほうが速く認識できる。第2に、ヒトでは一般に、正立よりも90度回転した写真のほうが識別に時間がかかる。180度回転した倒立像の場合は、さらに時間がかかる。ところがチンパンジーの場合はそうではなかった。180度回転して倒立した写真の識別は、ヒトに比べて圧倒的に速かった。名前を答えるまでにかかる反応時間の極大値は、180度でなく、90度回転したところにくる(文献1)の図7.3参照)。

チンパンジーは半地上・半樹上性で、ヒトと違って3次元空間での体位変化が大きく自由度も高い。ヒトは地上性の動物で、左右や前後に比べて、上下方向の規制が強い。同じ180度の回転操作をしても、ヒトでは、上下の入れ替わりはまったく違った見えの世界になる。視力、色や形の知覚といった基礎的な感覚・知覚機能において、ヒトとチンパンジーのあいだに差はなかった。しかし、視覚的に取り込まれた情報のより高次の処理過程には違いがある。おそらく、それぞれの生態学的な環境の差が、種に固有な認識の世界を進化の過程で作りあげてきたのだろう。

4. チンパンジーが習得した「言語」の構造

チンパンジーが習得した「言語」そのものについても比較してみよう。チンパンジーと比較される側のヒトの言語のほうに文化的な変異を越えたなんらかの普遍性を仮定しないと、そもそも種間比較が成り立たない。音声言語に限らず広くヒトの言語一般に共通する普遍的な特徴は何か。これまで多くの研究者によってさまざまに指摘されてきた。その中でも「言語の二重性」は、ほとんど異論のない、ヒトの言語の普遍的特徴だろう。ヒトの言語は、必ず「文一語一構成要素」という階層のある構造をもっている。意味をになう最小単位である「語」は、文法的規則にしたがった連鎖によって「文」を作る。また、その「語」それ自体は、より下位の、単独では意味をもたない「構成要素」(音声言語では音素に相当するもの)から成り立っている。こうした二重の分節構造をさして、

「言語の二重性」という用語が用いられている。

アイ・プロジェクトの中で、この「言語の二重性」について検討してみた⁹⁾。まずはじめに、「文一語」の分節構造について実験的に分析してみた。たとえば、5本の赤い鉛筆をアイに見せる。アイは、「5」という数も、「赤」という色も、「鉛筆」という物も、それぞれに対応する図形文字を知っている。そこで三つの属性を連続して記述する課題を与えてみた⁹⁾。品物の数(N)・色(C)・物(O)の三つの属性は、どういう順序で記述してもかまわない。すなわち、NCO(5・赤・鉛筆)でも、CON(赤・鉛筆・5)でも、とにかく正しく記述されてさえいればよい。「語順」はチンパンジーの自由なのだ。可能な語順は6通りある。

どう記述してもかまわないはずなのに、アイは自発的に二つの語順だけ使うようになった。CONとOCNの二つである。この二つの語順に一貫した規則は、「色と物をまず記述し、最後に数を記述する」ということである。なぜ数の記述があとまわしになるのか。色や物の記述と比べると数の記述はむずかしいからかもしれない。数を答えるのに要する時間は、色や物と比較して長い。記述の誤りは、ほとんど例外なく数の誤りだった。4個なのに「5」と記述したり、5個なのに「4」と記述したり、隣あう数のまちがいが圧倒的に多い。どういう要因で語順が決まったかはともかくとして、いったん語順が決まると、アイはその自分で決めた語順にしたがって対象を記述するようになった。たとえば、数の記述をごく簡単なものにしてみる。1本の赤い鉛筆、1本の黄色い歯ブラシ、1本の青いスプーンというように数はつねに1に限定してみた。しかしいったん「文法」が確立してしまうと、たとえ数の記述が簡単になっても、必ず数を最後に記述した。また、それまで三語の連鎖で記述したことのない新しい色や、新しい物を提示した場合も、アイは自分が生成した「文法」に従って記述した⁹⁾。眼前の対象を図形文字で記述するという問題解決の場面において、アイは自発的に生成した規則によって自らの行為を制御したといえる(文献1)の図10.2参照)。

こうした「文法」的規則の学習可能性についても触れておこう。上述のように、語順がチンパンジーの自由に委ねられているとき、アイは自発的

に「文法」を生成した。では、語順が先験的に定められている場合に、アイはその「文法」規則を習得できるだろうか。そうした問に答えるために次のような実験をした。ビデオ画面を使って、アイにさまざまなシーンを見せる。登場人物は2人。AさんとBさんである。AがBに近づくこともあれば、逆にBがAに近づくこともある。左から右から、前から後ろから、状況はさまざまだが、とにかく一方の人物が他方の人物に近づく場面が映し出されている。問題は、だれがだれに近づいたのかを、語順の違いによって表現することだ。つまり、動作者(主語)をさきに記述し、動作を記述し、最後に被動作者(目的語)を記述するという「文法」が与えられており、その文法にしたがった記述が求められた。AがBに近づく場合は「A・近づく・B」と記述しなければならない。逆に、BがAに近づく場合は、「B・近づく・A」と記述しなければならない。「A」、「B」、「近づく」という三語を、どういう語順にするかによって、その意味するところがまったく違ってしまう。アイは、このように先験的に与えられた「文法」を習得することができた。つまり、そのシーンの登場人物がだれであれ、だれがだれに近づいたかを正しい語順で記述できるようになった¹⁾。

上述の実験から次のような結論が導きだせる。もちろん特定の場面という限定はあるが、チンパンジーは、「文法」的規則を自発的に生成できるだけでなく、先験的に与えられた「文法」的規則を習得することもできる。

チンパンジーのアイは、「語」から「文」への階層的上昇の萌芽を示してくれた。では、「語」を「構成要素」から作りだせるだろうか。そこで、その第一段階として次のような実験をした。アイに、見本としてある図形文字を見せる。アイのキーボードには、円、四角形、斜線といった9種類の要素図形(記号素, grapheme)しか与えられていない。たとえば、「りんご」を表す図形文字が見本として与えられる。アイはその文字を構成する三つの要素図形(四角形とそれに内接する円と小さな塗りつぶされた円)を選びだして、見本と同じ複合図形を再構成することを学んだ。はじめ二要素の複合図形を見本として、この「構成見本合わせ」の訓練をした。その成果は、三要素の複合図形にもすぐさま転移した。

さらに第二段階として、見本の複合図形の提示時間を1秒間とし、見本が消されてから再構成することを求めた⁶⁾。この課題をアイは難なくマスターした。見本を要素図形から再構成する時点ではすでに見本は消えてしまっているにもかかわらず、ちらっと一瞬見た複合図形のイメージを記憶をもとに再構成できる。再構成の順序はチンパンジーの自由にまかされている。興味深いことに、ヒトと同様、複合図形の外周のりんかく線から再構成することがわかった。この課題はきわめてむずかしい。大学生8人の初回の成績は70—95%だった。訓練の結果とはいえ、アイの成績は95%に達している。

最後に第三段階として、「りんご」そのものをチンパンジーに見せ、それを表す図形文字を記号素から構成することを求めた⁵⁾。まず、6種類の食物を用意した。りんご、バナナ、いも、にんじん、キャベツ、固形飼料である。これらはいずれもアイが日常食べているものだ。この6種類の食物のそれぞれに対応した図形文字をアイは知っている。りんごを見せれば、「りんご」の図形文字を選べる。また、「りんご」の図形文字を見せれば、9種類の記号素からその図形文字を構成できる。この二種の技能をつなげれば、りんごを見て「りんご」の文字をつづれるはずだ。実物のりんごからりんごの図形文字を想起し、りんごの図形文字をその記号素から構成する。そうした推移的推論の過程をうかがわせるような課題遂行を、実際、アイは習得できた。

5. 野生チンパンジーの石器使用にみる 認知機能

アイによる視覚性人工言語の習得をとおして、チンパンジーがもつ情報処理のレベルの深さを示した。ヒトの言語の普遍的特徴である二重性をもった構造について、きわめて萌芽的段階とはいえ、習得の可能性をアイは実証してみせた。語の連結や構成に示されたところの行動の構造的規則性は、人工言語習得といった場面にかぎらず、より日常的な行為、たとえば積木を積むとか、物を入れ分けるとか、入れ子のカップを構成するといった場合にも見いだすことができる⁸⁾。これと関連した議論は本稿の最後で取り扱おう。

では、こうしたチンパンジーの認知機能は、か

れらの自然なくらしの中で実際にどう生かされているのだろうか。そこでわたしは、実験室ではなくアフリカの森に住む野生チンパンジーを対象として、かれらの道具使用にみる認知機能について実験的な分析をはじめている^{9)~11)}。

ここでは最近の調査について概略を述べよう。1990年12月から1991年2月にかけて、野生チンパンジーの石器使用の調査を、西アフリカのギニアでおこなった。ギニア国の最奥の村ボソウの裏山に、約20人のチンパンジーが住んでいる。1976年、京都大学霊長類研究所の杉山幸丸が、ボソウのチンパンジーの長期継続研究をはじめた。ここのチンパンジーたちは、親指の先ほどの大きさのアブラヤシの種の硬い殻を、一組の石をハンマーと台にして叩き割って、中の胚を食べることで知られている(図-2)。

アブラヤシには、親指の先より少し大きい程度の赤い実がたくさん房状にみえる。薄い果肉の中に種があって、その種を叩き割ると中に胚がある。チンパンジーはヤシの木の下に落ちた種を、一組の石を道具として使って割る。チンパンジーがヤシの種を割る場所は、アブラヤシの木の小草が濃くて、割っているようすを直接に観察できない。そこで、チンパンジーの住む小高い丘の山頂部のやや開けた平坦な場所に、石器使用行動の研究のための野外実験場を設けた。ヤシの木のないところに、ヤシの実とそれを割るための道具として石を置いておく。実験場から約25メートル離れたところに、草を立てかけたブラインドを作って、その陰からチンパンジーのようすを2台のビデオカメラで観察記録した。

実験場にほんの少しでもチンパンジーが現れた



図-2 石器を使ってアブラヤシの種を叩き割る野生チンパンジー(台石を足で支えている)

のは、実験場に待機した 27 日間の調査期間のうち 21 日間、石器使用を観察しビデオ記録できたのは 28 回。総合計時間は、1081 分だった。重要な発見がいくつかあった。

①石器使用において、左右の手は違った動きをする。利き手は個体ごとにはっきり決まっていた。ただし群れ全体でみると、右利きと左利きはほぼ同数である。②チンパンジーには、それぞれ好みの石器がある。ヤシの実割りをする際に好んで座る場所もある。③ヤシの実割りができるようになるのは 4 歳が下限で、9 歳でようやくおとなと同様の効率で割れるようになる。割れるようになるまでは、ハンマーの代わりに手や足で叩いたり、台石なしで直接地面に置いた種をハンマーで叩いたり、種を台石に次々のせてみたりする。④道具のための別の道具、つまり「メタ道具」の使用例が見つかった。カイというかなりのとしのおばあさんが主人公である。1 月 16 日、カイを含めた 8 人が実験場にやってきた。カイは、前日に自分が使っていたハンマーと台石を手にとって 5 メートルほど奥に移動した。そこで台石を捨てて、新たに台石を用意したのだが、台石の下に別の台石をかませるというくふうをした。こうすると台石の上面が水平に保たれてヤシの種を置くのにつごうがよい。台石の下にかませたもうひとつの台石は、本来の台石の機能を向上させるために使った別の道具である。知識にかんする知識をメタ知識という。言語についての言語をメタ言語と呼ぶ。同様に、道具のための道具のことは、メタ道具と呼ぶべきだろう。

6. 樹状構造分析による行動の記述

チンパンジーは多様な道具を使うことが知られている。棒や蔓などをシロアリの塚の穴にさし入れて、驚いてかみついたシロアリをそっと引きずり出してなめ取る。木の葉をスプーンのように使って水を飲むし、下痢のときにはおしりを拭く紙としても使う。チンパンジーが使う道具の種類を数えあげれば長いリストができる。だが、このような道具の使用例は、すべて対象物と道具の二つの構成要素からなっている。それにたいして、ヤシの実割りでは、一組の石と種の三つの構成要素でなっている。石器のメタ道具の例では、さらに台石の下石が加わって、四つの構成要素でな

ている。

こうした道具使用行動を分析する視点として、生成文法にならった樹状構造分析を応用してみた¹²⁾。行動に関与する物体に着目して、石、棒、葉、種、それらをどのように関連づけて取り扱うかを、樹状図で表現する(図-3)。こうした一元的な視点の導入によって、①一見して相互の脈絡のない多様な行動をひとつの視点で分析できる。②行動の複雑さを、樹状構造における階層すなわちノードの数で表現できる。③行動の発達が、当該の行動の樹状構造の構成要素の欠落として表現できる。たとえば、ノードの階層が 2 であるヤシの実割り行動は、はじめは種を拾うだけのノード 0 の行動から、種を台石に乗せたり種を地面においてハンマーで叩いたりするノード 1 の行動を経て、4 歳ごろにノード 2 の行動として一組の石で種を割るようになる。

こうした樹状構造分析による行動の記述は、積木つみやコップ重ねなどの操作が発達とともに複雑化するさまを、道具使用の事例と同様に表現できる。おとなになる過程の発達の变化を記述できるだけではない。おとなの機能の欠落、たとえば脳に障害をもつヒトの失行を表現する手段にもなるだろう。どこまで深いレベルの行動が生じることによって、ヒトを含めた種間の行動の差異を表す指標にもなるだろう。ただ、こうした行動の定式化は、今ようやく緒についた段階であり、①行動の継起性をどう表現するか、②行動の時系列をどう組み込むか、③自己埋め込み的な構造をどう差別的に表現できるか、といった重要な課題が残されている。変換規則の集合で記述するといった

物の取り扱いに関する階層構造

エピソードの記述は、行為の主体、動作、対象からなるが、対象となる物と物との関係についてのみ分析する。

レベル 0 の例: シロアリをつまむ、実を食べる

レベル 1 の例: 棒でシロアリを釣る、木の葉で水を飲む

レベル 2 の例: ハンマーと台石で種を叩き割る

レベル 3 の例: 台石の下に台石をかませてハンマーで種を叩き割る

レベル 3 の例を樹状構造で表現すると下のようになる。

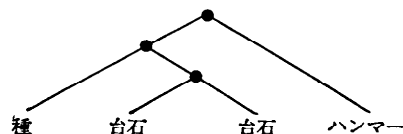


図-3 道具使用行動の樹上構造分析の例(説明は本文参照)

ような別解を模索することがおそらく必要なのだろう。

チンパンジーを被験者とする比較認知科学的研究は、ヒトとチンパンジーを同じ装置で同じ手続きで直接に比較できることを示した。その結果、ヒトとチンパンジーは多くの認知機能を共有することがわかった。その一方で、それぞれの種に固有な生態学的な制約に起因すると思われる認知機能の違いがみつかった。比較認知科学は、こうした事実を提示していく一方で、隣接の学問領域と整合性をもった動物行動研究の新しい流れを作ろうとしている。ヒトであるかチンパンジーであるかロボットであるか、行動の主体はだれであれ、その行動のメカニズムを一般的に記述し解析する視点の創造が求めているのだと思う。それは、情報処理への工学的アプローチとの接点となる試みでもあるだろう。

謝辞 情報処理学会のご好意により、本特集の機会を与えられました。チンパンジーを被験者とする京都大学霊長類研究所心理研究部門での、これまでの一連の研究を多くの方々にご知っていただき、それがまた情報処理の工学的研究に多少なりとも刺激を与えるものとなれば望外の幸せです。貴重な機会を賜り、ありがとうございます。

参考文献

- 1) 松沢哲郎：チンパンジーから見た世界，東京大学出版会（1991）。
- 2) Goodall, J.: *The Chimpanzees of Gombe*, Harvard Univ. Press (1986).
ジェーン・グドール著，杉山幸丸・松沢哲郎監訳：野生チンパンジーの世界，ミネルヴァ書房（1990）。
- 3) Matsuzawa, T.: Use of Numbers by a Chimpanzee, *Nature*, 315, pp. 57-59 (1985).
- 4) Matsuzawa, T.: Color Naming and Classification in a Chimpanzee, *Journal of Human Evolution*, 14, pp. 283-291 (1985).

- 5) Matsuzawa, T.: Spontaneous Pattern Construction in a Chimpanzee, in 'Understanding Chimpanzees', Heltne, P. and Marquardt, L. eds. Harvard Univ. Press, pp. 252-265 (1989).
- 6) Fujita, K. and Matsuzawa, T.: Delayed Figure Reconstruction in a Chimpanzee and Humans, *Journal of Comparative Psychology*, 104, pp. 345-351 (1991).
- 7) Matsuzawa, T.: Form Perception and Visual Acuity in a Chimpanzee, *Folia Primatologica*, 55, pp. 24-32 (1990).
- 8) Matsuzawa, T.: Spontaneous Sorting in Human and Chimpanzee, in 'Language and Intelligence in Monkeys and Apes', Parker, S. and Gibson, K. eds., Cambridge Univ. Press, pp. 451-468 (1990).
- 9) Sakura, O. and Matsuzawa, T.: Flexibility of Wild Chimpanzee Nut-cracking Behavior Using Stone Hammers and Anvils: An Experimental Analysis, *Ethology*, pp. 237-248 (1991).
- 10) 松沢哲郎：野生チンパンジーの石器使用，「発達」46, pp. 106-113 (1991)。
- 11) 松沢哲郎：道具とメタ道具，「発達」47, pp. 86-92 (1991)。
- 12) 松沢哲郎：チンパンジーマインド，岩波書店（1991）。

（平成3年9月17日受付）



松沢 哲郎

1950年生。京都大学文学部哲学科卒業（心理学専攻）。京都大学大学院博士課程中退。理学博士。京都大学霊長類研究所・助教授。主たる研究テーマは、霊長類の知覚・認知機能の実験的分析。野生チンパンジーの行動をアフリカで調査する研究も行っている。著訳書としては、「ことばをおぼえたチンパンジー」（福音館書店）、「チンパンジーから見た世界」（東京大学出版会）、「発達論の現在」（編著，ミネルヴァ書房）、「野生チンパンジーの世界」（監訳，ミネルヴァ書房）、「社会生物学」（翻訳，思索社）、「チンパンジー・マインド」（岩波書店，印刷中）など。日本霊長類学会、日体心理学会各会員。