

霊長類研究におけるコンピューターの活用

板倉昭二 凍田和美 佐藤植美

ita@oita-pjc.ac.jp

大分県立芸術文化短期大学

870 大分市上野丘東1-11

従来、ヒトを含む霊長類の認知に関する実験は、実験者と被験者（体）が向かい合っておこなう、いわゆる対面場面実験であったが、近年こうした実験にコンピューターが導入されるようになった。その結果、実験の客観性、データ処理や分析の迅速性、実験場面設定の容易さなどにおいて大きな進歩が見られ、比較認知科学の発展に貢献した。本稿では、コンピューターを使用した霊長類研究を、実際の実験例を挙げながら報告する。

Practical Use of Computer in Primates Research

Shoji Itakura Kazuyoshi Korida Naomi Sato

Department of Communication, Oita Prefectural College of Arts and Culture

1-11 Uenogaoka-higashi, Oita 870 JAPAN

Recently a computer has been introduced in primates research as a tool for experiments. Thus we can have some benefits as follows; 1) objective data collection, 2) speed of data analysis, and 3) easy making of experimental design. These factors have contributed to the development of comparative cognitive sciences. We report actual examples of experiments of primates cognition in which computer was used in the present paper.

1 はじめに

一般に、心理学の方法としては、実験法、観察法、調査法、テスト法および面接法などが挙げられる。特にヒトおよび動物の行動的・認知的側面を検討する上、で実験は極めて有効な手段であり、様々な知見を得ることに成功してきた。近年、その実験にコンピューターが導入され始め、実験の遂行、データの収集、データの分析とおよそ実験的研究に關与するあらゆる分野で利用されるようになった。このようなことは何も心理学に限られたことではないが、他の分野と同様、実験の効率を上げることや客観的データの保証、大量データの分析等に大きな変化をもたらし、研究推進の原動力となった。

ヒトとそれ以外の動物の行動や認知世界を実験的に比較検討し、認知科学の言葉で語ろうとする比較的新しい分野を比較認知科学という。比較認知科学は「生命体およびその”心”が適応的な行動を生み出す過程を研究する学問」であり、比較心理学、動物行動学、行動生態学、霊長類学、神経科学、認知科学などを基礎とした総合的な学問分野である[1][2]。特に、進化的に近縁な関係にある、ヒトサル類との比較研究は目覚ましい成果をあげている。コンピューターはこのような成果の一翼を担っているのである。

本稿では、比較認知科学的視点からの霊長類研究におけるコンピューターの活用を具体的な実験に基づいて紹介する。

2 霊長類の認知に関する実験的研究—対面場面からコンピューターの導入へ—

霊長類の実験は、実験者と被験体が向かい合っている対面場面によっておこなわれていたが、次第にコンピューターが導入されるようになった。対面場面では、被験体が実験者の意識しない微妙な手掛かり等に気づいたりして客観性を損なう場合がある。以下対面場面からコンピューターを用いた実験へと変化した2つの例を挙げてみる。

2.1 類人猿の言語学習

霊長類における認知の研究は様々な角度から多様な研究がおこなわれているが、最もその成果が目玉されたのはやはり類人猿の言語訓練だと思われる。チンパンジーに「ことば」を教えるという試みは、1960年代後半に始まった。それはアメリカのネバダ大学の心理学者Gardner夫妻がチンパンジーに手話を教えるという試みが成功したことに端を発する[3]。Gardner夫妻は、北米の手話であるアメリカン・サイン・ランゲージ(ASL)をチンパンジーに教え、それを介してヒトとチンパンジーの間にコミュニケーションが成立したことを報告したのである。こうした、手話をチンパンジーに教える訓練は、その後ゴリラやオランウータンといった他の類人猿でもおこなわれ、ほぼチンパンジーと同様の報告がなされた。しかし、手話を使ってコミュニケーションを取る方法にはいくつかの問題点もある。まず手話の使い手、すなわち実験者に特異性があるということである。チンパンジーは誰の手話でも理解するわけではなく、訓練者の手話しか理解できない場合がある。また、手話はかなり細かい指の動きが要求されることがあり、チンパンジーには正確に真似できないものもあるという。このようなことは科学としての客観性を保証するためには不利な点である。これに対して、Premack夫妻がおこなったのは、プラスチック彩片を使ったものであった[4]。彼らが使用したいろいろな色のいろいろな形をしたプラスチック彩片は、ひとつの「ことば」でありそれを組み合わせて文を作ることができる。この方法は前述した手話より客観的である。また、ジョージア州立大学のRumbaugh博士のプロジェクトは、1文字で1語を表すヤーキッシュと呼ばれるシンボルシステムを用いて、コンピューターで制御されたキーボードでチンパンジーに言語訓練をおこなった[5]。ここで初めて類人猿の言語訓練にコンピューターが登場したわけである。わが国の京都大学霊長類研究所でも、基本的にはRumbaugh博士のプロジェクトの方法を採用した。すなわち、キーボードをコンピューターで制御し、図形文字を用いることでチンパンジーに

ことばを教えている[2]。また最近ではキーボードの代わりにコンピューターの画面をタッチスクリーンとして人工言語や写真などの実験刺激を呈示している。

2.2 サル類の弁別学習

霊長類の認知行動研究に最も広く用いられたのは、アメリカの心理学者Harlowによって作製されたウイスコンシン汎用テスト装置（Wisconsin General Test Apparatus; WGTA）である（図1）。

動物の前の不透明なスクリーンは、試行の間に刺激を置き換えたりする実験者の操作を見えないようにするためのものであり、刺激台には強化子（報酬となる食物片）を入れる小さな穴があり、その上に刺激が置かれる。この装置は特に弁別学習に広く使用された。スクリーンが上げられるとサルはどちらかの刺激を選択する。2つの刺激のうちどちらかは正刺激であり、その下には餌があるが、負刺激の下には何も無い。このような試行を繰り返して、呈示された刺激を弁別することができるようになる。こうした実験にもコンピューターが導入されるようになった。弁別刺激の呈示、強化刺激の呈示、またそれらの呈示時間等をすべてコンピューターにより制御して実験がおこなわれるようになった。

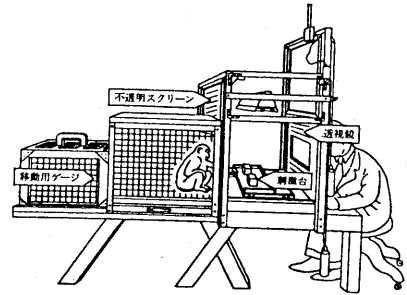


図1 WGTA

3 見本合わせ課題（matching-to-sample task）

霊長類の認知に関する実験において最もよく使用される課題が見本合わせ課題である。図2に簡単なスキームで示した。

目的に応じて手続きは多少修正されるが、基本的な方法は以下の通りである。まず見本刺激（sample stimulus）が呈示される。次に、2つの選択刺激（choice stimuli）が呈示され、被験体が見本刺激と同じものを選択した場合正答となり、報酬を得ることができる。これは、同一見本合わせ課題、すなわち見本刺激と同じものを選択する課題であるが、実験者が設定した任意の刺激の連合を求める場合を恣意的見本合わせという。例えば、色の命名をおこなう場合、赤いカードを呈示して「赤」という漢字を選択させる場合である。刺激自体には物理的類似性は全くない。

チンパンジーの言語訓練もこの恣意的見本合わせ課題を用いておこなわれた。見本合わせ課題は対面場面でももちろん可能だが、近年はコンピューターを用いておこなわれるようになった。以下3つの方法を簡略に説明する。

3.1 キーボードによる見本合わせ

裏側から点灯できるようになっている長方形のキーに刺激（図形や文字）を貼付し、見本刺激、選択刺激を呈示する。京都大学霊長類研究所のチンパンジー言語プロジェクトでは、実験室の小窓から実際の物を見せて、キーボードの点灯により人工図形言語を複数個呈示し、呈示された物に対応した刺激を選択させるいわゆる恣意的見本合わせをおこなって、物や色の命名訓練をおこなった。チンパンジーは指でキーを押すことによって反応する。キーボードの制御、正答・誤答のフィードバック、報酬のデリバー等がすべてコンピューターによっておこなわれた。しかしこの場合、刺激の総数や刺激呈示順序に

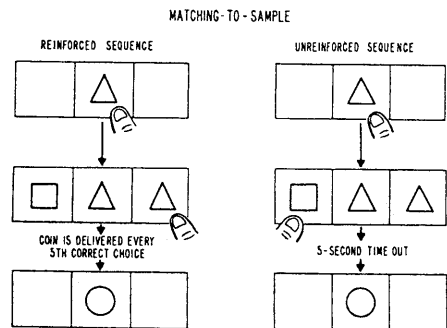


図2 見本合わせ課題のスキーム

はかなりの制限が加えられる。

3.2 タッチスクリーンによる見本合わせ

コンピューターに取り込んだ図形や文字を刺激としてタッチスクリーンに呈示する。チンパンジーはスクリーン上の刺激に直接接触することで反応する。コンピューターの容量さえ許せば、刺激の数はほぼ無制限である。また刺激の作製が楽になったうえに刺激の組み合わせ等も自由におこなえる。京都大学霊長類研究所では実験装置をキーボードからタッチスクリーンへと変更した。現在、タッチスクリーンを用いて、チンパンジーに文字を書かせる訓練をおこなっている。なおタッチスクリーンはサル類の実験だけではなく、ハトにスクリーンをつつかせることによる実験の遂行も可能である。

3.3 ジョイスティックによる見本合わせ

画面上に呈示された刺激をジョイスティックで被験体に操作させ、見本合わせ課題をおこなう。これは、アメリカのRumbaughらのグループが開発したもので、チンパンジーでもニホンザルの仲間のアカゲザルでも操作可能であることがわかった[6]。ジョイスティックではマウスと同様に、画面上のカーソルを動かして課題をおこなう。これにより、課題の種類も増え、2頭のサルを使って社会的な場面での実験も可能となった。すなわち、同一画面を見ながら個別にジョイスティックを操作し、社会的競合場面等を作りだすことができるようになったのである。

4 チンパンジーによる人称代名詞の理解

前述した見本合わせ課題を利用したチンパンジーの実験の具体的な例を挙げてみる。京都大学霊長類研究所では、チンパンジーの言語プロジェクトを結成し多くの成果をあげてきており[2]、現在も継続されている。Itakuraはこのようなチンパンジーのシンボル使用能力を利用して、チンパンジーに人称代名詞の機能を理解させる訓練をおこなった[7]。図3に実験のシステムが表されている。また、実験場面のスキーマを図4に示した。「わたし」「あなた」「彼」「彼女」を表すシンボルは、他のシンボル同様、要素図形を組み合わせることで新しく作成された。人称代名詞の機能を学習するまでのベースとして、被験体となったチンパンジーは、知っている人やチンパンジーやオランウータンの写真を見てアルファベット1文字の個体名を答えることを訓練した。また逆に、アルファベット1文字の個体名を見てその個体の写真を選ぶことを訓練した。人称代名詞の訓練は以下の通りであった。コンピューターを介してはいるが、基本的には実験者とチンパンジーがやり取りをする場面であった。まず、実験者飲イニシエーションキーもしくはチンパンジーのイニシエーションキーが点灯する。イニシエーションキーが押されると2つのCRTのうちの一方に人称代名詞を表す図形言語が呈示される。その後もう一方のCRT（タッチスクリーン）に個体の写真が2枚横並びで呈示される。チンパンジーは条件に応じて、タッチスクリーンに触れることによって写真を選択しなければならなかった。正答であればホロホロという正解を示すフィードバック音と報酬が自動的に与えられる。人称代名詞の特徴は、一人称、二人称、そして三人称があり、三人称は性別によって分けられるということの他に、その互換性が挙げられる。すなわち、人称代名詞を使う主体により、指示される対象が変わるということである。チンパンジーの実験に即して言うと、例えば、チンパンジーのイニシエーションキーが点灯し、チンパンジーがそれを押す。仮に「わたし」という人称代名詞のシンボル

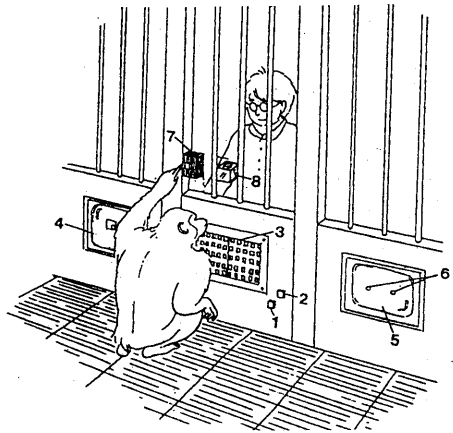


図3 チンパンジーの実験場面

が呈示されたとすると、チンパンジーにとって「わたし」は、チンパンジー自身のことである。従って、チンパンジーは自分自身の写真を選択しなければならない。逆に、実験者がイニシエーションキーを押して、「わたし」が出てきた場合、それは実験者のことであり、チンパンジーは対面している実験者の写真を選択しなければならないのである。このような訓練によって、チンパンジーは複雑な人称代名詞の機能をも理解することができた。

5 ヒトによる顔写真の認知

Tomonagaらはチンパンジーを対象として、回転された顔の知覚に関する実験をおこなった[8]。その結果、チンパンジーはヒトで顕著に見られるようなinversion effect、すなわち倒立の顔の認知が困難であること、が見られないことを報告した。さらに、other-race effect、すなわち自分と同種の刺激は認知しやすいことも報告した。これらの結果は、ヒトにおける顔の認知の生物学的制約やそのメカニズムを検討する上で重要な意味を与える。佐藤はこのような実験の比較データとして、ヒトにおける回転された顔の知覚の実験的分析をおこなうために、見本合わせ課題用のプログラムを作成した[9]。実験プログラムの流れを図5に示した。基本的には見本刺激の顔写真が呈示され、続いて選択刺激（比較刺激）の顔写真が横並びに呈示される。刺激は条件に応じて、90度、180度、270度の回転がなされ、見本刺激の回転、選択刺激の回転のすべての組み合わせによってセッ

ションは遂行される。被験者はマウスにより選択刺激を選択することを求められるが、その時の反応潜時が計測される。実験結果としては、回転角度ごとに反応時間と正答率を求める。このプログラムでは、被験者の立場に立った工夫がいくつかなされている。まず実験開始前に読むことができる教示が設置されており、実験にスムーズに移行できる。次に、実験終了後被験者が希望すればメインメニューから自分の結果のグラフを直ちに見ることができる。なおこのプログラムは顔の知覚実験用として作成されているが、見本合わせ課題の汎用プログラムとしても使用可能である。

6 おわりに

以上、コンピューターを用いた、ヒトを含む霊長類の認知に関する実験を、過去に筆者らがおこなってきた実験また現在進行中の実験を中心にして、具体的な例を挙げて概観してきた。コンピューターを導入することによって以下のような研究上の利点が見えてきた。

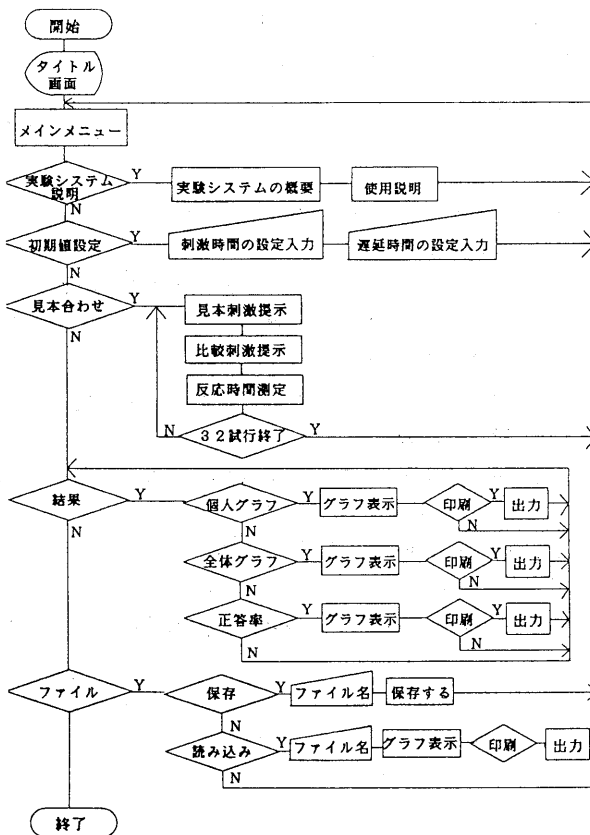


図4 プログラムの流れ

- 1) 実験者の影響を取り除くことで、実験の遂行がより客観的となった。
- 2) 実験条件をより厳密に統制できるようになった。
- 3) データの処理や分析が迅速になった。
- 4) より複雑な実験場面を設定できるようになった。

これらは比較認知科学の発展のために大いに有効な武器となってきた。しかし、このことは対面場面実験を否定することにはならない。対面場面には実験者自身のスキルが生かされ、その結果としてより良い結果を生むこともある。実験目的、状況に応じてそれぞれの特徴を考慮しながらコンピューター実験と対面場面実験を使い分けることが必要だと思われる。

参考文献

- [1] 板倉昭二・Butterworth, G.: 霊長類研究と発達心理学：比較認知学の視点から、*発達心理学研究*, 4, 69-73. (1993).
- [2] 松沢哲郎：*チンパンジーから見た世界*、東京大学出版会 (1991).
- [3] Gardner, R. A., & Gardner, B. T.: Teaching sign language to a chimpanzee, *Science*, 165, 664-672. (1969).
- [4] Premack, A. J., & Premack, D.: Teaching language to an ape, *Scientific American*, 227, 92-99. (1972).
- [5] Rumbaugh, D. M.: *Language Learning by a Chimpanzee: The Lana Project*, New York: Academic Press. (1977).
- [6] Rumbaugh, D. M., Richardson, W. K., Washburn, D. A., Savage-Rumbaugh, E. S., & Hopkins, W.D.: Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*), video task, and implications for stimulus-response spatial contiguity, *Journal of Comparative Psychology*, 103, 32-38. (1989).
- [7] Itakura, S.: A chimpanzee with the ability to use of personal pronouns, *The Psychological Record*, 42, 157-172. (1992).
- [8] Tomonaga, M., Itakura, S., Matsuzawa, T.: Superiority of conspecific faces and reduced inversion effect in face perception by a chimpanzee, *Folia Primatologica*, 61, 110-114. (1993).
- [9] 佐藤植美：「見本合わせ課題」心理学実験システムの作成、大分県立芸術文化短期大学コミュニケーション学科卒業論文 (1995).