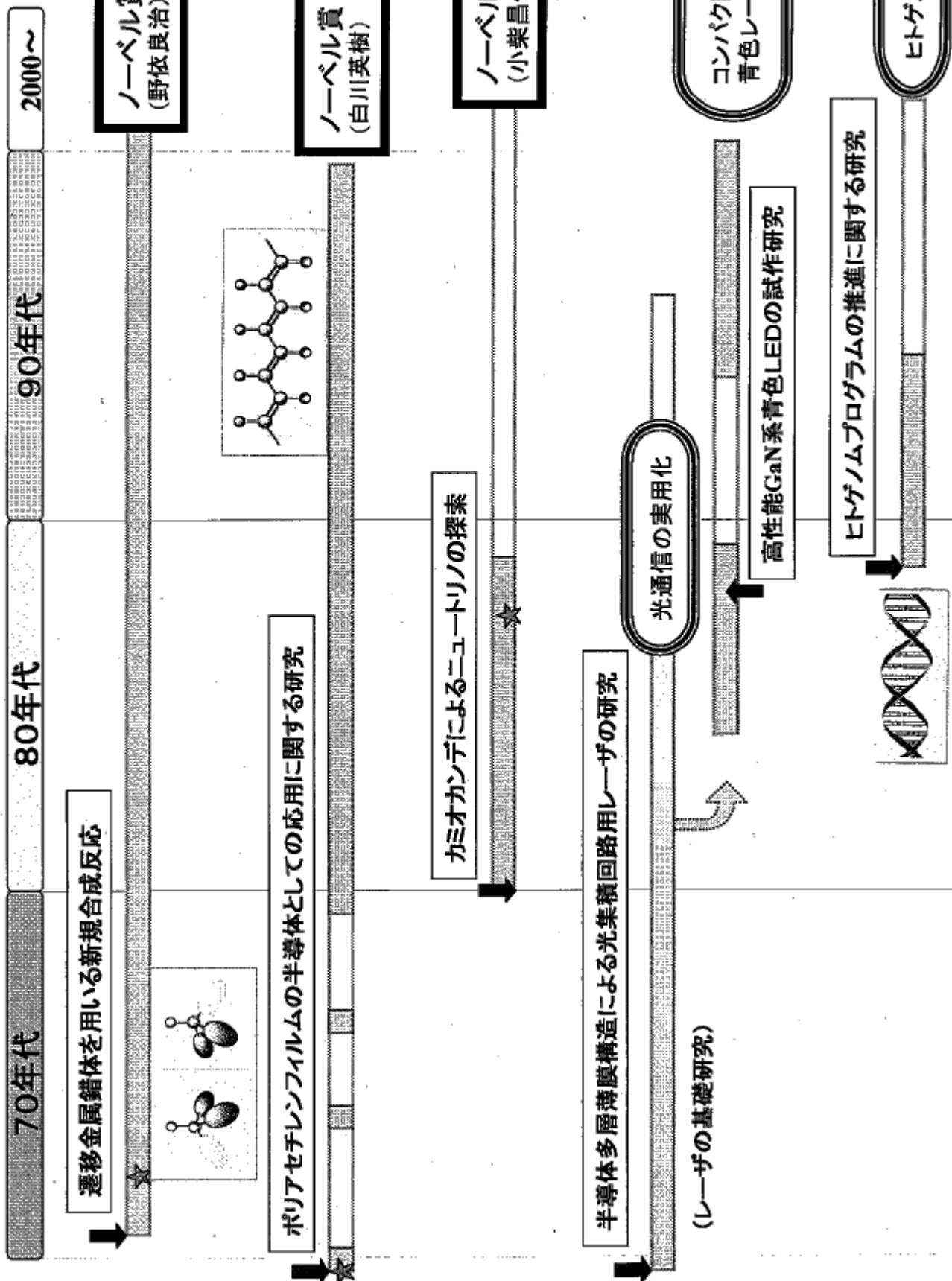


科学研究費補助金により助成した研究の展開と成果の例



科学研究費補助金の成果 － I S I ハイインパクト論文に関する－

1 2000年9月にI S I が発表した「引用度の高い日本人研究者30人」に挙げられた研究者の中で、「ハイインパクト論文」を最も多く発表した研究者に対して、1980年以降23年間、切れ目なく科学研究費補助金による支援が行われている。

その研究者自らが主要論文として挙げている上位10論文のうち9論文は、科学研究費補助金の成果である。

2 また、ハイインパクト論文を発表した30人のうち、20人以上は科学研究費補助金の支援を受けており、自ら主要論文として挙げている上位10論文のほぼ全てが科学研究費補助金による成果である者も多数にのぼる。

《 I S I が発表した30人のうち科研費の支援が確認できた研究者23名》

研究者	所属・職（2000年9月現在）	論文数	主な研究種目	科研費による主論文数
岸本 忠三	大阪大学長	62	特推、COE	9/10
井上 明久	東北大学金属材料研究所長	36	特推	10/10
平野 俊夫	大阪大学教授	31	特定領域	10/10
中西 重忠	京都大学教授	29	特推	10/10
増本 健	電気磁気材料研究所長	28		9/10
長田 重一	大阪大学教授	26		10/10
西塚 泰美	神戸大学長	24	特推	—
田賀 哲也	熊本大学教授	24		10/10
谷口 維紹	東京大学教授	22	特定領域	10/10
十倉 好紀	東京大学教授	21		10/10
眞崎 知生	元国立循環器病センター所長	20	特推	—
岡本 宏明	自治医科大学教授	20		—
沼 正作	京都大学（故人）	18	特推	—
重本 隆一	岡崎国立共同研究機構教授	16		—
内田 慶一	東京大学教授	16		10/10
野依 良治	名古屋大学教授	16	特推、COE	—
田辺 信介	愛媛大学教授	16		3/10
下遠野邦忠	京都大学教授	14		—
篠崎 一雄	理化学研究所研究員	14		—
井上 一	宇宙科学研究所教授	14		—
松田 正	富山医科薬科大学教授	14		—
奥村 康	順天堂大学教授	13		—
田中 靖郎	宇宙科学研究所教授	13		—

注)「論文数」欄は、2000年9月現在のハイインパクト論文の数。

「主な研究種目」欄は、左記研究者が研究代表者又は領域代表者となった研究種目のうち、特別推進研究、特定領域研究、COEを記載した。

「科研費による主な論文数」欄は、研究者が自ら主要論文として挙げる10論文のうち、科学研究費補助金による成果であるとされるものの数。なお、「—」となっているものは未確認。

科学研究費補助金「特別推進研究」の成果の例

—研究成果の概要及び研究終了後の事後評価ヒアリング資料—

○「特別推進研究」の研究成果の例

研究課題名	研究代表者	研究期間	頁
チンパンジーの言語・認知機能の獲得と世代間伝播	松沢 哲郎 (京都大学)	平成7～11年度	21
二次元光電子分光と電子物性	大門 寛 (奈良先端大)	平成10～13年度	36
多様な生理活性を有する化合物の全合成と活性分離	竜田 邦明 (早稲田大学)	平成10～13年度	42
低分子量G蛋白質Rhoの情報伝達と生理的意義の研究	成宮 周 (京都大学)	平成8～12年度	54
脊椎動物頭部形態形成の遺伝発生学的解析	相沢 慎一 (熊本大学)	平成8～12年度	69

平成 12 年度科学研究費補助金「特別推進研究」

「チンパンジーの言語・認知機能の獲得と世代
間伝播」

(平成 7 ~ 11 年度)

平成 12 年 10 月

京都大学・靈長類研究所・教授・松沢哲郎

1. 研究課題名：チンパンジーの言語・認知機能の獲得と世代間伝播

2. 研究代表者氏名：松沢哲郎（京都大学靈長類研究所）

3. 研究期間：平成 7 年度～11 年度

4. 研究の目的・意義及び計画の概要

チンパンジーの言語・認知機能の獲得過程を調べるとともに、それがどのように個体を越えて伝播するかを研究の目的とした。ヒトの知性を特徴づけるものは、もはや言語や道具使用ではない。進化の隣人であるチンパンジーも、それらをある程度なら習得できるからである。では現代のわれわれ人間という存在を支えている基盤は何か。それは、ゲノムの外側で、教育を通じて知識や技術を世代を超えて引き継いでいく知性に求められる。ヒト以外の動物は、ゲノムの中に多くの情報が組み込まれているが、ヒトは生後の学習によって文化と呼ばれる周囲の環境から多くのものを学ぶ。ところが 1990 年代になって、野生チンパンジーでも文化の存在が確認され始めた。ヒトを特徴づける文化や教育の進化的起源を、チンパンジーにおける知識や技術の伝播の詳細な過程を知ることによって解明することを目指した。具体的な計画としては、個々のチンパンジーがもつ言語・認知機能の詳細を検証する。平行して、1 群 11 個体のチンパンジーのコミュニティーを対象として、人工授精で次世代を作るとともに、コミュニティーのまるごと全体を対象とするような新たな研究を開拓する。

5. 研究成果の概要

言語・認知機能の獲得については、1978 年から継続している「アイ・プロジェクト」と名づけられたチンパンジーの知性の実験的な研究を継続・展開した。その結果、チンパンジーの短期記憶容量がヒトのおとなと同等であることが発見・実証された (Nature, Jan. 6th, 2000)。おもに視聴覚情報処理や概念形成の研究が進んだ。同時に、「知識や技術の世代内伝播」の解明のために、模倣や観察学習と呼ばれる社会的な場面での知性の研究が始まった。その結果、チンパンジーでも「真の模倣」はむずかしいことがわかった。しかしながら一方では、「他者の心を読み取る心」がチンパンジーの中に胚胎していることも明らかになった。したがって模倣の困難さは、一部は身体に関する心的イメージおよびその処理過程の相違に求めることができる。チンパンジーは動作の効用には目を向けるが、運動型の詳細は無視しがちである。本研究では、知識の世代間伝播を大きなテーマとして掲げ、人工授精による次世代作りを試みた。計画どおり平成 9 年に出産に到ったが残念ながら満期の死産だった。再度試み、最終年度の平成 11 年度に三個体の妊娠に成功し、現在、1 群 14 個体を対象に新たな視点から「次世代への知識・技術伝播」の研究を進めており、新生児微笑、新生児の表情模倣など新たな事実がみつかっている。

チンパンジーの知性

松沢哲郎（京都大学靈長類研究所）

アイと名づけたチンパンジーを研究のパートナーとして、チンパンジーの知性を科学的に探る試みを続けてきた。「アイ・プロジェクト」と呼ばれている研究である。チンパンジーが、漢字や図形文字やアラビア数字をおぼえ、こうした文字を媒体にして、その思考の一端をわれわれに客観的に示してくれる。その一方で、アフリカへ毎年調査にでかけて、野生チンパンジーが、かれらの自然な暮らしの中でどのようにその知性を使っているのを見てきた。これまでの研究の成果については、拙著（「チンパンジーの心」、岩波現代文庫、2000年）を参照されたい。ここでは、最近の研究の展開を紹介しつつ、「比較認知科学」と称する研究のねらいや、背景にある研究の論理を解説したい。

1) ヒトとチンパンジーを比較する論理

チンパンジーなどヒト以外の動物とわれわれヒトとの近縁性は、主に3つの証拠から決定づけられる。遺伝子の比較研究、化石資料の発掘研究、そして比較認知科学的研究である。ヒトとチンパンジーにおける遺伝子の塩基配列の違いは、およそ1.7%である。これはじつはウマとシマウマの遺伝的な距離よりも近い。分子進化の速度から計算して、両者の共通祖先は約500万年前にいたと推測されている。

こうしたヒトとチンパンジーの近縁性は化石資料からも証拠づけられる。最古の人類化石資料としては、エチオピアから発掘されたアダブシビテクス・ラミダスが知られており、約440万年前と推定されている。このラミダス猿人の姿は、現生のチンパンジーの姿にきわめて近いが、彼らは直立二足歩行をしていた。

しかし、心は化石として残らない。心は、DNAの塩基配列にも還元されない。したがって、現在生きている近縁な種間の比較によってしか、ヒトの心の進化を跡づけることはできない。こうした視点から、ヒトとヒト以外の動物の認知機能を、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。なぜなら、まったく同じものさしで測ってはじめて、両者の相違と相似が明らかになるからである。チンパンジーという進化的に最も近縁な存在の心の世界を明らかにすることによって、ヒトという動物のもつ心の進化的な起源を明らかにすることができます。こうした研究を「比較認知科学」Comparative Cognitive Scienceと称している。

2) チンパンジーの短期記憶

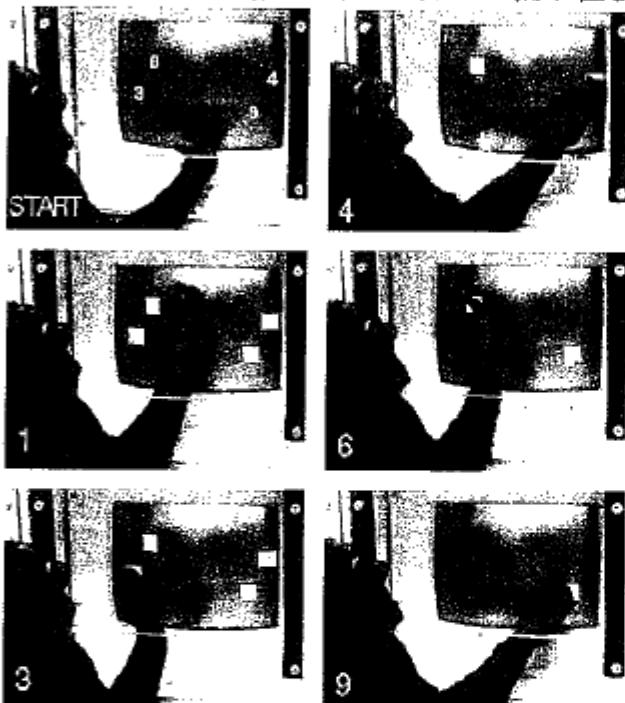
比較認知科学という学問から見て重要な、最新の研究成果を紹介したい。チンパンジーの短期記憶に関する実証的な研究の成果である。

研究の背景から説明しよう。アイは、アラビア数字を使って数を表現することをおぼえた最初のチンパンジーである（ネイチャー誌、1985年掲載論文、著者は松沢哲郎）。たとえば、5本の赤い鉛筆を見せると、正しく5という数字を選ぶことができる。彼女は、1から9までのアラビア数字に加えて、最近になって0という概念も習得した。したがって0から9ま

での数字の意味を知っている。数字の大小も理解しているので、モニター画面にいくつか数字を映し出すと、それを小さいものから大きいものへと順に触ってゆくことができる。

こうした能力を基盤に、短い時間だけ物事を記憶しておく能力のテストをおこない、その短期記憶能力がヒトのおとなとほとんど遜色ないことが証明された（川合伸幸・松沢哲郎著、ネイチャーリー、2000年1月6日号掲載論文）。

与えられた課題は、数桁の電話番号をおぼえるようなものに近いと考えていただきたい。実際にアイにやってもらった課題は以下のとおり。たとえばモニター画面に、1, 3, 4, 6, 9という5つの数字が出ていたとする。アイが、その中で一番小さい数字である1を触った瞬間に、残りの4つの数字をすべて白い四角形に置き換えた（図1）。



こうなると、どの数字がどこにあったかはもうわからない。小さい数字から大きい数字へと、その数字があった場所を正しく手で触れるのはけっこうむずかしい。この課題を正確にこなすためには、最初の数字を選ぶ前に、5つの数字すべての位置と大小の順番を記憶しなければならない。

アイにこの課題をやってもらった結果、最初に出てくる数字が4つだったら95パーセントの正解率だった。数字が5つのばあいでも正解率は65パーセントだった。これはきわめて高いと言える。なぜなら、5つの数字を正しく大小の順番に偶然に選べる確率は、1パーセントにも満たないからである。しかも問題が

出てからアイが最初の数字を選ぶまでに要した時間の平均は、約0.7秒だった。したがってアイは、少なくとも5つまでの数字を瞬時に記憶できることが例証された。

ちなみに同じ課題でヒト（大学院生）は約1.2秒かかった。同じ認知的課題で比較してチンパンジーの方がすばやくできる。もし、同じ0.7秒しか与えずに記憶させると、大学院生の正答率はアイよりも低くなる。勉強の賜物とはいえ、チンパンジーの方がヒトよりすぐれた面があることはまちがいない。

この研究結果は、チンパンジーは数字を5個までしかおぼえられない、という意味でもない。じつは最近、6個の数字でテストしてみたのだが、それでも33パーセントくらいはできた。だから、5個の数字を提示する場面でもかなり高い正解率が得られた、という結果だと理解していただきたい。記憶の範囲は、ヒトでもチンパンジーでも、練習すれば練習するほど、ある程度までは伸びていくだろう。

こうした能力は「短期記憶」と呼ばれる。アイが数字の系列をおぼえる短期記憶の容量は、現状でいって、少なくとも5あると言える。ヒトのおとなのはあい、文字や数字などいろいろな材料の記憶で検査してみて、マジカルナンバー・セブン（魔法の数7）と呼ばれるのだが、だいたい7プラスマイナス2という範囲になる。つまり、もちろん個人差はあるが、だいたい

5個から9個までの範囲の物事なら瞬時に記憶できる。したがってアイの短期記憶の容量は、このヒトのおとな範囲に入っていると言える。

3) 野生チンパンジーの知性



数系列の短期記憶とおい最新の研究成果を紹介した。アイというチンパンジーがヒトのおとなと比肩しうる知性をもつていることを、きわめて客観的に明示した研究である。

ただし、アイはけっして「天才」ではない。アイができることは、基本的にはほかのチンパンジーも必ずできる。数字を瞬時におぼえたり、漢字を読み取ったりすると、「アイ」という特

別に賢いチンパンジーがいる」と思われるようだ。しかし、それは「人間は他の動物よりも知的に優れているはずだ」という、われわれ人間が陥りがちな「素朴な信念」にほかならない。チンパンジーの方がヒトよりすばやく正確にこなす知的な課題があつても良いだろう。

アイに「天才」というラベルを貼り、例外として処理するのではなく、実際にチンパンジーはヒトに比肩しうる知的能力を備えている、ということをすなおに認めればよいのではないだろうか。たんなる「黒くて大きなサル」だと思い込む束縛から解き放たれ、その能力に瞠目するところから、この「進化の隣人」に対する真の理解が始まるだろう。

では、野生チンパンジーは、こうした知性をどのように使っているのだろうか。わたしが調査している西アフリカ・ギニアのボッソウの森には、約600種類の草木が生えている。そのうちの約200種をチンパンジーは食物として利用している。どの木のどの部分が食べられるのか。いつ実をつけるのか。その木は森の中のどこに生えているのか。その木の枝先の実を安全確実に取るにはどういう経路をたどって上ればよいか。いわば、こうしたことを見ることで、生後の経験を通して学ばなければならない。

ボッソウのチンパンジーは、一組の石をハンマーと台にして、アブラヤシの硬い木の実を叩き割って食べる所以有名である(図2)。しかしその技術の習得には長い時間がかかる。とにかく割れるまでに4~5年、おとなと同じ速さと効率で割るようになるには9~10年かかる。学習の臨界期があって、4~5歳のときに習得できなかつた子どもは、もう一生その石器を使いこなすことができない。

「天才」と呼ばれるアイで、この石器使用を試してみたことがある。目の前で割って見せて、ナツツ(マカデミア・ナツツ)と一組の石を渡してみた。やはり、アイでも、一見して真似ることはできなかつた。種を石にのせて足で踏みつけたり、手で叩いたりする。ハンマーをもつことが抜け落ちているのである。もちろん、観察と練習を重ねれば、アイでもできるだろう。逆に言えば、アイができるもののすべては、長い時間をかけければドノ「チンパンジーでもできることなのだ。

4) 文化的世代間伝播

今、アイは23歳半。チンパンジーの寿命は約50年と考えられているので、ヒトで言えば30歳台なかば、というところだろう。1歳のときからすでに22年間にわたって、ヒトの子どもがまなぶようなことをたくさん身につけてきた。アイだけではない。クロエやパンやペンデーサと名づけられた個々のチンパンジーたちが、学習を通じて、それぞれユニークな技術を身につけている。



そのアイが今年の4月に子どもを産んだ(図3)。アユムと名づけた男の子である。アイとアユムは、老若男女13人のチンパンジーからなるコミュニティーの中で暮らしている。アイたちの世代が習いおぼえた知識や技術が、どのようにして子どもの世代に伝わるのか。

アイ・プロジェクトのように、個体の中に成り立つ知性を研究するわけではない。個体が獲得した知識や技術が、どのようにして個体を越えて別の個体へと伝わるのかを研究しようとしている。

靈長類研究所では、一群14人のチンパンジーが、老若男女さまざまなものと一緒にになってひとつのコミュニティーとして暮らしている。「文化」とは、あるコミュニティーのメンバーに共有される知識や技術(や価値など)の集合であって、それが、非遺伝的な経路すなわち生後の学習によって、親の世代から子の世代へと世代を超えて引き継がれるものと定義できる。

2000年に、アイ、クロエ、パンという3人があかんぼうを産んで、無事その子どもを育てている。一方で、松沢哲郎、友永雅己、田中正之という思考言語分野の3人の教官が、それぞれの母親チンパンジーと日々の勉強を通じて長い糸を作ってきた。ここにおいてはじめて、ヒトのおかあさんが育てたヒトの子どもと同様の手続きで、チンパンジーが育てるチンパンジーの子どもの認知発達を、チンパンジーのおかあさんの協力を得ながら調べる、ユニークな試みが実現している。

こうしたまったく新しい視点から、個人ではなくてコミュニティーの総体を対象としたチンパンジーの知性の研究が、「特別推進研究」(平成7-11年度と、平成12-16年度)の助成を受けて始まっている。1万年前のヒトと現在のわれわれを比較すると、ゲノムはほとんど何も違わない。両者の見かけ

上の暮らししぶりの違いは、遺伝的な要因ではなくて、生後の学習によって生じたものだ。文化として遺伝子の外に蓄積された知識の総体と、生後何十年も続く学習によって、ヒトは現代の暮らしを成り立たせている。教育、学習、文化といったものの進化的起源を、進化の隣人であるチンパンジーの中に探っていきたい。

(学術月報: 2000年10月号より)

