

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基礎研究 (C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18570222

研究課題名（和文） ヒトと類人猿の繁殖戦略の進化

研究課題名（英文） The evolution of reproductive strategies in humans and great apes

研究代表者

榎本 知郎 (ENOMOTO TOMOO)

東海大学・医学部・准教授

研究者番号：80056316

研究成果の概要： ヒトの繁殖戦略を精子形成の点から理解するため、ヒトと近縁の類人猿（チンパンジー、ゴリラ、オランウータン）、カニクイザルから精巢を採取し、組織学的研究を行った。その結果、チンパンジーでは精上皮サイクルが安定していること、ヒト、チンパンジー、ゴリラの共通祖先ではひとつの分化型精祖細胞に由来する精細胞が少なくなったこと、ヒト、チンパンジー、ゴリラの共通祖先では小さな不明瞭な先体をもつように進化したこと、などが示唆された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,500,000	0	1,500,000
2007 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,500,000	600,000	4,100,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学

キーワード：霊長類学

## 1. 研究開始当初の背景

人類の配偶システムの進化を推定する試みは、一九世紀の社会人類学において社会進化思想のもとに始まった。たとえば L. H. Morgan は、北米先住民の婚姻制度を比較検討することによってこれを推測した。しかし、

現在生きるヒトの文化を比較することで進化の過程を推定する方法論が、のちに明確に否定されることになった。生物学的な推定は、近縁の霊長類との配偶様式の比較によって試みられたが、その方法には Morgan と同じ欠陥をかかえていた。

より直接的な進化的推定法は、R.V.Short

に始まった。彼は、G. A. Parker によって提唱された精子競争理論をヒトへの進化に適用し、類人猿の精巣サイズと性的二型を比較検討して、類人猿の配偶システムが性器形態の進化に関与するとの仮説を提出した。これを受け、P.H. Harvey & A.H. Harcourt は広く霊長類を比較し、乱交的な種で精巣が大きいのは精子競争の結果だと主張した。しかし、ヒトの精巣サイズは、一夫多妻のゴリラと乱交的なチンパンジーの間であり、その交配システムは不明のままであった。これは、精巣に精子形成のほか、男性ホルモンの産生、性信号など多様な機能があり、精巣サイズがそのまま授精能の良い指標にならないためであろう。

最近、A. Dixson らは、精子競争がオスマスの生殖器や繁殖機構、さらに配偶システムにも影響していると主張した。哺乳類の授精の研究が進み、精子と卵子が複雑かつ精妙なやりとりで授精過程が進むことが明らかになってきたことが、その背景にある。霊長類の生殖戦略をモデル化するには、授精がオスマスの授精戦略と受精戦略の駆け引きによって進化したとの観点から、各種霊長類の精子競争の様相を比較研究することが肝要である。しかし、この観点から性器微細形態を分析した比較研究はこれまで皆無であり、それこそわれわれが目指す方向なのである。

## 2. 研究の目的

ヒトは、どのような交配システムのもとにヒト化をなしとげたのか？ この課題は、L.H. Morgan が提起して以来、人類学領域で断続的に論議されてきたが、いまだに解決されていない。現代のヒトの配偶関係は、婚姻規則など文化的要素が多様で、旧来の人類学的手法では解決が困難である。しかし最近になって、行動生態学的な研究から、社会シ

ステムが性器、とりわけ精巣の構造や機能の進化に密接に関わっていることが明らかになってきた。乱交的な配偶をし、メスをめぐるオスどうしの競争が熾烈な種では、精子競争のメカニズムが働き、精巣が大きく精子形成も活発であることが予想される。一方、配偶者が決まっていれば精子競争は起こらず、精子形成は不活発であろう。本研究は、類人猿の生殖戦略をモデル化し、ヒトのそれと比較することによって、ヒトの祖先がとった生殖戦略が何か、どのような配偶システムであったのかを推定する。より具体的には、ヒト、ゴリラ、チンパンジー、オランウータンなど多様な霊長類種の精巣組織を、(1)精上皮サイクルの分析、(2) 合胞体である精細胞の分布様式、(3) 精子発生の効率について、定量的・組織学的な分析する。また、免疫組織学的にも分析を加え、種差を明らかにし、それを比較することで進化機構を解明することを目的とする。

## 3. 研究の方法

ヒトおよび大型類人猿3種(チンパンジー、ゴリラ、オランウータン)、またこれらと比較するため、ガラゴ、カニクイザル、アカゲザル、ラットから精巣標本を採取した。これをパラフィン包埋し、一般的な組織学標本を作成した。また先体を特定するため PAS 反応も利用した。これを光学顕微鏡で観察し、精上皮のサイクルにともなうステージを同定した。また、精細管断面において周期的な精子形成が行われているかどうかを数量的に求めた。さらに、ひとつの精細管断面にいくつのステージが見られるかについて検討した。統計的処理として、クラスカル・ワールス検定とウィルコクソン検定を行った。

## 4. 研究成果

(1) カニクイザルでは精子形成細胞の細胞ロスがほとんどなく、また各種精子形成細胞も標準的な精上皮サイクルで予測される通りの細胞セットが認められた。

(2) オオガラゴでは、標準的な精上皮サイクルからはずれた細胞セットが頻繁に認められ、精子形成細胞の消失の頻度が高かった。

(3) オランウータンでは、精上皮が厚く、活発な精子形成の状態が認められた。

(4) ヒトとチンパンジー、ゴリラ、オランウータン、カニクイザルの精上皮において、周期的に精子系が行われ精細胞の典型的なセットが認められるものの比率を分析した。その結果、カニクイザル、チンパンジーではその比率が高いのに対し、ヒト、ゴリラでは低かった (クラスカル・ワーリス検定、 $p < 0.05$ )。

この結果は、狭鼻猿類と系統が分かれた後、ヒトと大型類人猿の共通祖先において精上皮サイクルの周期性に乱れが生じる進化があったが、チンパンジーではふたたび周期性が安定する進化を遂げたことが示唆する。

(5) ヒトとチンパンジー、ゴリラ、オランウータン、カニクイザルの精上皮において、カニクイザルとオランウータンでは、ひとつの精細管断面に二つ以下の精上皮サイクルのステージしか認められないものが多かったのに対し、ヒト、チンパンジー、ゴリラでは、精細管断面に三つ以上のステージが認められることが多かった (クラスカル・ワーリス検定、 $p < 0.05$ )。

この結果は、オランウータンと系統が分岐した後、ヒト、チンパンジー、ゴリラの共通祖先ではひとつの分化型精祖細胞に由来する精細胞の数が、減り、ひとつの合胞体が占

める領域が小さくなったことを示唆する。

(6) オランウータンの精子細胞の先体は明瞭で、精子形成の過程で精子細胞頭部に横線が認められる過程が入るなど細かな分類が可能であったため、精上皮サイクルには 10 ステージが認められた。これは、カニクイザルの 12 ステージにほぼ匹敵し、ヒト、チンパンジー、ゴリラの 6 ステージより多かった。

これらの結果から、オランウータンが狭鼻猿類に共通する大きく明瞭な先体をもつものに対し、ヒト、チンパンジー、ゴリラの共通祖先は小さな不明瞭な先体をもつように進化したことがうかがえる。先体は、受精時に酵素を放出するなどの機能が知られており、ヒトなどでは授精効率が低下する方向に進化をした可能性が示唆された。

(7) アカゲザルとラット精巣において、免疫組織化学的にクラウディン 1,3,11 の分布を見ると、明らかな種差が認められた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 7 件)

① T. Enomoto, THE HUMAN IS THE ONLY SPECIES OF WHICH INDIVIDUALS CAN TRAVEL : ANHYPOTHESIS,

The International Primatological Society XXII Congress,  
2008年8月3-8日,  
Edinburgh.

② M. Nakano, H. Fujii-Hanamoto, T. Enomoto, K. Matsubayash, A COMPARATIVE STUDY OF TESTIS MICROSTRUCTURE OF THE HUMAN AND GREATAPES,

The International Primatological So

ciety XXII Congress,  
2008年8月3-8日,  
Edinburgh.

③ M. Nakano, H. Fujii-Hanamoto, T. Enomoto, K. Matsubayashi, A COMPARATIVE STUDY OF TESTIS MICROSTRUCTURE OF THE HUMAN AND GREAT APES,  
The International Primatological Society XXII Congress, 2008年8月3-8日,  
Edinburgh.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

榎本 知郎 (ENOMOTO TOMOO)  
東海大学・医学部・准教授  
研究者番号：80056316

### (2) 研究分担者

花本秀子 (FUJII-HANAMOTO HIDEKO)  
東海大学・医学部・助教  
研究者番号：50156824

### (3) 連携研究者

松林 清明 (MATSUBAYASHI KIYOAKI)  
京都大学・霊長類研究所・教授  
研究者番号：50027497