

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21570251

研究課題名（和文） 霊長類の「匂い」によるコミュニケーション：  
生殖生理および配偶者選択への影響

研究課題名（英文）

The role of olfactory sense in the communication of sexual status  
in non human primates.

研究代表者

清水 慶子 (SHIMIZU KEIKO)

岡山理科大学・理学部・教授

研究者番号：90135616

研究成果の概要（和文）：

霊長類の生殖生理および配偶者選択におけるフェロモン作用やケミカルコミュニケーションについて調べた結果、チンパンジーの膣分泌物中のいくつかの物質が性皮の腫脹や月経周期と同期することが分かった。また、同所飼育のニホンザルにおいては、月経周期の同調が見られることが分かった。ニホンザルでは、射精を伴う交尾行動は排卵周辺期に限局されること、妊娠したメスではその後も交尾行動が見られることが分かった。さらに、交尾行動が観察された時は、糞中および尿中 estrogen 代謝産物の値が高いことが確認された。

研究成果の概要（英文）：

Six low-grade fatty acids were identified from the mucus of vagina in chimpanzees and Japanese macaques. Some of them were synchronized with menstrual cycle and swelling of sexual skin. Moreover, menstrual cycle was synchronized with neighbors who live in same room in Japanese macaques. Copulation was related to secretion of estrogen and observed around ovulation period and in pregnant period in Japanese macaques.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
2011 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：フェロモン、月経周期、霊長類、性ホルモン、匂い、配偶者、交尾

### 1. 研究開始当初の背景

国外では、生活空間を共有している女性の月経が同調する寄宿舎効果や男性と一緒にいる時間が長い女性ほど月経周期が短く、規則正しいことが報告されており、ヒトでもフェロモンが月経周期の調節に関与していることが示唆された。また、齧歯類で交尾後 24 時間以内に交尾相手のオス以外のオスと一緒にすると妊娠が阻止される現象が報告されている。このようにヒトの行動学的研究と齧歯類における行動学的、神経内分泌学的研究が行われているが、ヒト以外の霊長類では、ワオキツネザルの皮脂腺から出る分泌物をマーキング行動や威嚇行動に用いる報告、タマリンを用いた行動実験による雌の排卵抑制が報告されている。また、チンパンジーでは同じグループの雌の発情同期が観察される一方で、ワオキツネザルでは雌同士が発情周期をずらせる現象が報告されている。近年、齧歯類やシバヤギを用いて神経内分泌学的な研究が進められているものの、サル類を用いた実験は、申請者らのチンパンジーの膣分泌物中のいくつかの物質が性皮の腫脹や月経周期と同期する報告以外はない。

### 2. 研究の目的

動物の行動における嗅覚の役割は非常に大きい。とくに、生殖機能に嗅覚が重要な役割を担っていることは、生態学的にも実験行動分析によっても広く知られている。マウスなどのモデル動物ではフェロモン物質やその受容体が同定されているのに比べ、霊長類においては 1970 年頃のアカゲザルを用いたいくつかの報告があるが、受容機構、情報処

理機構、生殖生理現象調節機構いずれも解明が遅れている。とくに、嗅覚に受容される「匂い」のうち、同種他個体間の化学信号として用いられているフェロモン物質の生殖生理現象調節機構については、未だ明らかでない。本研究では、「匂い」分子の同定を足がかりとして、霊長類の生殖生理現象における「匂い」の役割を解明することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) メス・オス間の匂いによる化学交信

##### ① 行動実験

正常月経周期各期における行動実験  
成熟メスチンパンジーおよびマカクザルの尿中生殖関連ホルモンを測定し、月経周期を調べる。オスと同居させ、行動を記録する。

##### ② 分析実験

上記の行動実験の際に、メスの膣および膣周辺分泌物を採取、分析する。

#### (2) メス・メス間の匂いによる化学交信

##### ① 月経周期の同期化

同所的に生活している成熟メスについて、尿中生殖関連ホルモンを測定し、月経周期を調べる。

##### ② 排卵の同期化

メスに、別のメスの膣および膣周辺分泌物を嗅がせる。尿中生殖関連ホルモンを測定し、月経周期の変化の有無について調べる。

### 4. 研究成果

#### (1) 正常性周期各期における行動とその解析

実験に先立ち、チンパンジーの性周期を確

認するために、尿中 LH、estrogen および progesterone 代謝産物など、各種生殖関連ホルモン動態を測定するための酵素免疫測定法の開発を行った。さらに野生における交尾行動の意義とそのホルモン動態を調べるために野外における糞および尿サンプル採取および保存法の確立を行った。これらの方法により尿中 LH、estrogen および progesterone 代謝産物、糞中 estrogen および progesterone 代謝産物が測定可能となり、本法を用いて測定を行った結果、血中動態と相関することが明らかとなった。

ニホンザルおよびカニクイザルの糞、尿中ホルモン代謝産物の測定は既に我々により確立している。

#### (2) 膣分泌物中脂肪酸の変動

チンパンジーの膣分泌物を採取し、分析を行ったところ、酢酸、プロピオン酸、ブチル酸、イソブチル酸、吉草酸が確認された。このうち酢酸とプロピオン酸は月経周期における個体差が大きいことが分かった。ブチル酸、イソブチル酸、吉草酸は、個体差はないが周期による差があった。とくにイソブチル酸は、排卵期ではない時には低く、排卵周辺に高い傾向が見られた。

ニホンザルにおいても同様に膣分泌物中のイソブチル酸が排卵周辺に高い傾向が見られた。

#### (3) ニホンザルにおける月経周期の同期化

同一屋内飼育室にて飼育されているニホンザルおよびカニクイザルにおいて、ヒトで報告のある寄宿舎効果、すなわち月経周期の同調が見られることがわかった。尿中生殖関連ホルモン測定結果からも、月経周期が同期していることが確認された。またその現象は背中合わせにケージが位置し、視覚的に遮断

され、直接相手の姿を見ることが出来ない場合でも同じ結果であった。

#### (4) 正常月経周期における交尾行動

当初予定していた個別飼育ケージ内のニホンザルの交尾は単純には行われないことが分かり、野猿公園での観察に計画を変更した。繁殖期に野猿公園のニホンザルの交尾行動の観察ならびに糞の採取を行った。得られた糞を用いて生殖関連ホルモン量を測定し、性行動発現との関連について調べた。その結果、射精を伴う交尾行動は排卵周辺期に見られること、妊娠したメスではその後も交尾行動が見られることが分かった。さらに、生殖関連ホルモン動態から交尾行動が観察された時は、estrogen および progesterone 代謝産物の値が高いことが確認された。

#### (5) 妊娠に至らない時期での交尾行動

繁殖期に野猿公園のニホンザルにおいて、メス・メス間の交尾行動が頻繁に観察されることが分かった。これらの個体の糞中生殖関連ホルモン量を測定し、性行動との関連について調べたところ、estrogen 代謝産物の値が高く、卵胞発育が推察される時期に性行動がみられること、しかし、estrogen 代謝産物のピークにはメス・メス間ではなくオスとの交尾を行っていることが観察された。

#### 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)

[雑誌論文] (計 6 件)

① Higaki S., Takumi K., Itoh M., Shimizu K., Oishi T., Hayashi M. (2012) Response of ER $\beta$  and aromatase expression in the monkey hippocampal formation to ovariectomy and menopause. *Neuroscience Research* 査読有 72: 148-154. DOI:10.1016/j.neures.2011.10.007

② Garcia C., Huffman M., Shimizu K., Speakman J. (2011) Energetic Consequences of Seasonal Breeding in Female Japanese Macaques (*Macaca fuscata*). Am J Phys Anthropol. 査読有 146 (2):161-170. DOI:10.1002/ajpa.21553

③ Garcia C., Huffman M., Shimizu K. (2010) Seasonal and reproductive variation in body condition in captive female Japanese macaques (*Macaca fuscata*). Am. J. Primatol. 査読有 72:277-286. DOI: 10.1002/ajp.20777

④ Ohira K., Furuta T., Hioki H., Nakamura K., Kuramoto E., Tanaka Y., Funatsu N., Shimizu K., Oishi T., Hayashi M., Miyakawa T., Kaneko T., Nakamura S. (2010) Ischemia-induced neurogenesis of neocortical layer 1 progenitor cells. Nature Neuroscience. 査読有 13:173-179. DOI:10.1038/nn.2473

⑤ Garcia C., Shimizu K., Huffman M. (2009) Relationship between sexual interactions and the timing of the fertile phase in captive female Japanese macaques (*Macaca fuscata*). Am. J. Primatol. 査読有 71:1-12. DOI: 10.1002/ajp.20717

⑥ Turner S., Fedigan L., Nakamichi M., Matthews D., McKenna K., Nobuhara H., Nobuhara T., Shimizu K. (2009) Birth in Free-ranging *Macaca fuscata*. Int. J. Primatol. 査読有 31(1):15-37. DOI 10.1007/s10764-009-9376-8

[学会発表] (計 6 件)

① Toyoda A., Itoh, M., Shimizu K. Does Prenatal Androgen Treatment Affect Neonatal Behavior in Japanese Macaques? 5<sup>th</sup> Asian Workshop on Zoo and Wildlife Medicine/ Conservation 2011年10月21日 Khumaltar, Lalitpur (Kathmandu, Nepal)

② 藤田志歩、杉浦秀樹、清水慶子 野生ニホンザルメスにおける発情の同調と交尾戦略 日本哺乳類学会 2011年度大会 2011年9月9日 宮崎市民プラザ・宮崎観光ホテル (宮崎)

③ 豊田有、毛利恵子、清水慶子 ニホンザルの胎生期におけるアンドロゲン曝露が出生後の子ザルの行動に与える影響

第27回日本霊長類学会 2011年7月17日  
国際交流センターフロイデ (犬山市)

④ 清水慶子 サルの性と生殖の特性-繁殖に結びつかない性 第74回日本心理学会大会ワークショップ (招待講演) 2010年9月20日大阪大学 (大阪)

⑤ Keiko Shimizu, Birth control in female Japanese macaques at Arashiyama Monkey Park. International Primatological society XXIII Congress. 2010年8月14日 京都大学 (京都)

⑥ Keiko Shimizu, Reversible contraception in Japanese Macaques. 4<sup>th</sup> Asian Wildlife Society of Zoo and Wildlife Medicine International Meeting 2010年7月31日 Seri Pacific Hotel (Kuala Lumpur, Malaysia)

[図書] (計 1 件)

① Keiko Shimizu, Cambridge Univ. Press Birth control in female Japanese macaques at Iwatayama Monkey Park Arashiyama. 435-452, 2012.

6. 研究組織  
(1) 研究代表者

清水 慶子 (SHIMIZU KEIKO)

岡山理科大学・理学部・教授

研究者番号 : 90135616