

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 加藤雅裕

ゲッ歯目の成熟雄の性行動は、交尾行動シリーズ、すなわち交尾前行動、交尾行動および射精後行動で構成されている。交尾前行動では、先ず雄が発情雌の性器周辺の匂い（性フェロモン）を嗅ぐ行動（sniffing）に始まり、雌の勧誘行動（solicitation）、次いで雄の追尾行動が連続して観察される。交尾行動では、乗駕（mount）、挿入（intromission）および射精（ejaculation）に分類される。射精後行動では、雄は虚脱状態となり、一時的に不応期とよばれる性的に不活性状態になり、雌に関心を示さない。すなわち、性的不応期（refractory period）が次の交尾行動シリーズの開始までみられる。

ラットやマウスでは、交尾行動シリーズにおいてヒトの可聴帯を超えた超音波の発声（ultrasonic vocalization）が認められている。

ラットにおいて、交尾前行動で雄の超音波発声が雌の（勧誘行動の1つであるダーティング（darting）行動に伴う）超音波の発声を促し、その雌の超音波発声が雄の追尾行動を誘発させることが観察されている。このことから、雄（雌）の超音波発声は雌（雄）の性行動の促進に関与しているコミュニケーションツールとして考えられている。交尾行動では、乗駕および挿入において超音波発声が見られている。射精後行動では、交尾前行動や交尾行動で観察された超音波の周波数より低い超音波発声が認められている。

マウスにおいて、交尾前行動および交尾行動で雄の超音波発声は観察されているが、射精後行動での超音波発声については明らかにされていない。いっぽう、雌の性行動（交尾前行動）の超音波発声についても示されていない。

ハムスター類について、ジャンガリアンハムスターの交尾行動における超音波発声は観察されているが、シリアンハムスターの超音波発声についての報告は散見されていない。

本研究では、最初にラット、マウスおよびシリアンハムスターの交尾行動シリーズにおける雄の超音波発声を観察し、それら動物の超音波発声の音響特性について比較した。次いで、ラットの射精後の特徴的な超音波発声の生理的意義について検討することを目的とした。

本論文は、第 1 章が諸言であり、第 2～5 章が実験成績、第 6 章が総括である。以下、実験成績を中心に、論文審査の結果について要約する。

1. 小型ゲッ歯目の交尾行動における超音波発声（第 2 章）

ラット、マウスおよびシリアンハムスターの交尾前行動、交尾行動および射精後行動における超音波発声を観察した。

その結果、交尾前行動で観察された超音波発声の周波数は、ラットで $53 \pm 5\text{kHz}$ 、マウスで $77 \pm 8\text{kHz}$ およびシリアンハムスターで $34 \pm 6\text{kHz}$ であり、3 種間で有意差が認められた ($p < 0.01$)。発声持続時間は、ラットで 0.041 ± 0.022 秒、マウスで 0.014 ± 0.011 秒およびシリアンハムスターで 0.058 ± 0.039 秒であり、3 種間で有意差が認められた ($p < 0.05$)。

交尾行動で観察された超音波発声の周波数は、ラットで $51 \pm 3\text{kHz}$ 、マウスで $67 \pm 11\text{kHz}$ およびシリアンハムスターで $33 \pm 6\text{kHz}$ であり、3 種間で有意差が認められた ($p < 0.01$)。発声持続時間は、ラットで 0.033 ± 0.029 秒、マウスで 0.039 ± 0.029 秒およびシリアンハムスターで 0.044 ± 0.031 秒であり、3 種間で有意差が認められた ($p < 0.05$)。

射精後行動で超音波の発声はラットおよびシリアンハムスターで観察されたが、マウスでは認められなかった。その周波数は、ラットで $26 \pm 4\text{kHz}$ およびシリアンハムスターで $30 \pm 5\text{kHz}$ であった。ラットとシリアンハムスターの間で有意差が認められた ($p < 0.01$)。発声持続時間は、ラットで 0.531 ± 0.361 秒およびシリアンハムスターで 0.052 ± 0.034 秒であり、両者間で顕著な差異が見られた ($P < 0.01$)。

ラットの射精前後の周波数および発声持続時間について見てみると、射精後に周波数の減少 ($51 \sim 53\text{kHz}$ vs. 26kHz) および発声持続時間の延長 ($0.033 \sim 0.041$ 秒 vs. 0.531 秒) が顕著に認められた。

以上、交尾行動シリーズ（交尾前行動、交尾行動、射精後行動）で観察された超音波発声には、周波数および発声持続時間に種差が認められた。ゲッ歯目における超音波発声は、反回神経による気道（喉頭筋）の収縮時に呼気が排出される際に生じると云われている。動物種による周波数および発声持続時間の違いは、それぞれの動物の気管（長さ、太さ、厚さ、気流速度（量））、さらに喉頭筋に、気管に対する迷走神経、自律神経系の活動の差異に起因し

ているものと思われる。

更に、ラットの射精前後の超音波発声の周波数および発声持続時間については著しい変化が見られた。

以下の章において、この超音波発声の生理学的意義について検討した。

2. 交尾行動によるラットの射精後の超音波発声における雌（射精後）の影響（第3章）

本章では、性的不応期における雌の存在が雄の超音波発声に関与している可能性について検討した。すなわち、性的不応期の雄の超音波発声には、雌の勧誘行動を阻止する働きの可能性が考えられる。そこで、射精後直ちに雌を撤去し、その後の雄の超音波発声を観察した。

その結果、射精後雌を撤去しても、雄の超音波の発声を抑止することは出来なかった。

以上のことから、射精後の雌（の存在）は雄の射精後に観察される超音波発声には関与していないと思われる。

3. *p*-Chloroamphetamine（PCA）投与ラットの射精後の超音波発声（第4章）

本章では、射精の行為それ自体が超音波発声に関与している可能性について検討した。

成熟雄ラットに *p*-Chloroamphetamine（PCA）を腹腔内投与し、その後の超音波の発声を観察した。

その結果、投与後30分以内に射精は見られたが、射精前後の超音波の発声は全例（10/10）に観察されなかった。

以上のことから、射精は雄の射精後に観察される超音波発声には関与していないと思われる。

4. PCA投与および交尾行動ラットの内側視索前野（MPOA）におけるcFosタンパクの発現（第5章）

第 3、4 章の結果より、射精後の雄の超音波発声において、射精および射精後の雌（存在）が関与している可能性については否定された。

そこで、本章では性行動の中枢である内側視索前野（MPOA）の神経活動について、PCA 誘発射精および交尾行動による射精ラットの免疫組織化学染色法により検討した。

その結果、交尾行動による射精ラットには MPOA に cFos タンパクの発現が見られたが、PCA 誘発射精ラットには認められなかった。すなわち、射精前の交尾行動（乗駕、挿入）が MPOA の神経活性を上昇させ、このことが射精後の超音波発声に関与していると思われた。

いっぽう、MPOA の温度は、交尾行動に伴い上昇し、射精後直ちに下降することが Blumberg により報告されており、射精後の超音波発声は MPOA の温度の下降に積極的に関与している可能性が考えられる。すなわち、射精後の超音波発声による呼気排出量の増大に伴う熱放散により MPOA 温度の低下を促し、次の交尾行動シリーズの再起動に関与していると推察される。

これらのことより、ゲッ歯目（ラット、マウス、シリアンハムスター）の交尾行動における超音波発声の周波数および発声持続時間には動物種差が認められた。特に、ラットの射精後の超音波発声は他の 2 種に比べ特徴的であり、この特徴がラットの射精後の超音波発声の生理的意義（MPOA 温度の下降）に係っていることが推測される。

今後、これらの結果を踏まえ、交尾行動シリーズにおける射精前後の性中枢の温度および呼気（吸気）の温度（量）を測定することにより、性中枢の温度制御機構と超音波発声の関係が明らかにされると思われる。

以上のように、本論文は交尾行動シリーズ（交尾前、交尾期間、射精、性的不応期）に発声する超音波の詳細な分析を行い、周波数および発声持続時間について動物種差を確認し、さらに射精後の超音波発声の特徴について明らかにした観点において、学術上、応用上貢献するところが少なくない。よって審査委員一同は、本論文が博士（獣医学）の学位論文として十分な価値を有するものと認め、合格と判定した。