The Change with Age of the Copulatory Behavior of the Male Rats Aged 67 and 104 Weeks

Ryoji HOKAO, Toru R. SAITO*, Yasumasa WAKAFUJI,
Kazuaki W. TAKAHASHI*, and Tomonori IMAMICHI

*The Imamichi Institute for Animal Reproduction, 1103 Fukaya, Dejima-mura, Niihari-gun, Ibaraki 300-01 and *Department of Laboratory Animal Science, Nippon Veterinary and Animal Science University, 1-7-1 Kyonan-cho, Musashino-shi, Tokyo 180, Japan*

(Received 2 September 1992/Accepted 29 September 1992)

Changes with age in sexual fertility in male rats of the Wistar-Imamichi strain were investigated. Litter size and numbers of implantation sites in females mated with males aged 14 to 44 weeks tended to decrease with increased aging of males. These indicators in females mated with males aged over than 44 weeks decreased, compared with that aged 14 to 44 weeks ($P < 0.05$ to 0.001). In addition, all females mated with males aged 95 weeks were not pregnant. In male copulatory behavior with aging, incidences and numbers of mounting at 67 and 104 weeks of age were 100% , 42.6 ± 15.3 (Mean $\pm$ S.D.) and 42% , 1.8 ± 2.8 , respectively. The intromission and ejaculation were observed at 67 weeks, but not at 104 weeks of age. These incidences and frequencies were 86% , 10.3 ± 10.2 for intromission, and 43% , 1.0 ± 1.3 for ejaculation. Mount latencies (ML) at 67 and 104 weeks of age were 535.4 ± 607.9 and $3,822.0 \pm 1,753.4$ sec, respectively. There were significant differences in ML between two groups ($P < 0.05$). At 67 weeks of age, intromission and ejaculation latencies, and post-ejaculatory intervals were $2,563.0 \pm 2,216.3$, $1,633.7 \pm 977.6$, and 657.3 ± 320.6 sec, respectively. The pregnant rate and numbers of implantation sites in females mated with males aged 67 weeks were 43% and 5.4 ± 6.8 , respectively. In females mated with males aged 104 weeks, all were not pregnant. The weights of testes, epididymides, ventral prostate and seminal vesicles at 104 weeks were light, compared with those at 67 weeks of age ($P < 0.05$). From these results, the copulatory behavior in male rats of the Wistar-Imamichi strain declined with aging. Sexual fertility in males aged 67 weeks decreased in less than 50% , and males aged 104 weeks showed no intromission and ejaculation. — KEY WORDS : aging, copulation, male rats, sexual fertility

雄ラットの加齢時における交尾行動の変化

外尾亮治・斎藤 徹*・若藤靖匡・高橋和明*・今道友則

財団法人動物繁殖研究所

*日本獣医畜産大学実験動物学教室

ヒトを始めとする哺乳動物の性行動は加齢に伴い減退することが良く知られている [1]。例えば、高齢の雄動物では、発情雌に対する、乗駕、挿入、射精回数などの減少が観察されている [3, 11]。雄ラットについては、Larsson [9] および Minnick ら [10]

の報告が見られるが、詳細な検討はなされていない。そこで著者らは繁殖生理学的研究に適する動物として育種された Wistar-Imamichi 系ラット [7] を用い、雄交尾行動の若齢から老齢時にわたる変化について研究することを計画した。既報 [6] では、生後

10, 27および44週齢の雄ラットの交尾行動を詳細に観察した。その結果, 交尾行動は加齢に伴って減退し, 44週齢時の妊孕能は10および27週齢時に比べて低下していた。

本報では, 既報 [6] の生後44週齢時の交尾行動の観察に引き続き, 妊孕能が急減する時期の67週齢および妊孕能消失時期の104週齢(2年齢)の交尾行動について検討した。

材料および方法

実験環境: 動物は室温 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 湿度 $60 \pm 5\%$, オールフレッシュエアー方式による換気回数1時間12回, 人工照明時間14時間(午前5時~午後7時)に設定されたラット用動物室で飼育された。雄動物は, 14週齢から種親として交配に供されている間は, ステンレス製金網ケージ(300W×400D×200H mm)に原則として1匹飼育された。固型飼料(日本チャールス・リバー株式会社製CRF-1)および井戸水(塩素濃度7 ppmに調製)を不断給与した。

実験 I. 雄妊孕能の加齢に伴う推移の検討

1) 供試動物: (財)動物繁殖研究所で自家生産されたIar:Wistar-Imamichi系(Wistar由来)[7]のSPFラット雄20匹, 雌2,600匹を使用した。雄動物は種動物として14週齢から34週齢まで8~10週齢の発情雌と1対1で週2回の交配に供されたもので, その中から20匹を無作為に選出し, 妊孕能が消失するまでの間, 毎週1から2回の交配に供した。

2) 妊孕能の観察: 種雄として使用されている34週齢までは交配雌について分娩当日に産子数を調べた。35週齢以降は交配雌について交配翌日を妊娠0日として, 妊娠7日目相当日に剖検した。そして妊娠しているものについては着床数を調べ, 不妊のものについては子宮の状態から性周期を回帰しているか否かを調べた。

実験 II. 雄交尾行動の加齢時の変化の検討

1) 供試動物: 行動の観察に供した67週齢の雄動物は, 32週齢まで種動物として使用し, その後, 週1から2回の交配に供したものの中から67週齢で無作為に抽出した7匹を使用した。104週齢の雄動物は, 実験 I で妊孕能消失時期の検討に用いた12匹を使用した。交配に使用した8~10週齢の発情雌の匹数は392匹であった。

2) 交尾行動の観察(録画): 予め午後6時より観

察用ケージ(300W×400D×200H mm)に収容されている雄と用手法でロードーシスを確認した発情雌とを午後7時に同居させ, 赤外線照射暗黒下で同居開始後2時間, ビデオテープレコーダ(Panasonic Time Lapse AG6020)で交尾行動を録画した。

3) 交尾行動の記録と作図: 録画テープから, 乗駕, 挿入および射精の行動時刻を記録し, コンピュータに入力した。ついで, 入力した行動時刻を同居開始後の秒数に変換し, 横軸に同居開始後の秒数, 縦軸に乗駕(Mount; M), 挿入(Intromission; I)および射精(Ejaculation; E)の順に高さをとり, 横軸を基点とする直線の長さで同居開始後の交尾行動を表わし, 個体ごとに, 観察時間中の交尾行動をグラフ化した。なお, コンピュータ(NEC PC9801-RX2)とプリンター(NEC PC-PR602PS)を使用し, 自製のプログラム(BASICおよびPost Script言語を使用)で作図した。

4) 交尾行動の測定: 観察2時間に示した雄の交尾行動を次の各指標[5]を用いて定量的に測定した。

①乗駕回数(Mount frequency); 挿入を伴わない乗駕のみの回数。

②挿入回数(Intromission frequency); 挿入を伴う乗駕回数。

③射精回数(Ejaculation frequency); 射精を伴う乗駕回数。

④乗駕潜時(Mount latency); 同居開始から最初の乗駕が起こるまでの時間。

⑤挿入潜時(Intromission latency); 同居開始から最初の挿入が起こるまでの時間。

⑥射精潜時(Ejaculation latency); 最初の挿入から射精の生じるまでの時間。

⑦射精後挿入間隔(Post-ejaculatory Interval); 射精から次の交尾シリーズの最初の挿入までの時間。

5) 雄の生殖器重量および雌の着床痕の検査: 雄では, 交尾による影響を考慮して, 交尾行動観察後4日目に解剖し, 精巣, 精巣上体, 精囊腺, 前立腺腹葉および陰茎の重量を測定(メトラ社製PM-100)した。雌では, 観察後8日目に開腹して, 着床の有無を検索した。

統計処理: Student's t test および Fisher's exact test を使用して5%, 1%および0.1%水準での有意差を検定した[12]。

Fig. 1. Changes of sexual fertility in male rats (n=20) with increased aging. Litter sizes at parturition and numbers of implantation sites at 9 days after mating were performed. All data represent Mean±S. E. of 43 to 170 females.

Table 1. Copulatory behavior in male rats of two different age groups

Age (weeks)	n	No. of Mounts/2 hrs	% ¹⁾	No. of Intromissions/2 hrs	%	No. of Ejaculations/2 hrs	%
67	7	42.6±15.3 ²⁾ (29 - 65) ³⁾	100	10.3±10.2 (0 - 26)	86	1.0±1.3 (0 - 3)	43
104	12	1.8± 2.8 (0 - 9)	42		0		0
P value ⁴⁾		0.001	0.05		0.001		0.05

¹⁾: Percent of animals responding ²⁾: Mean±S.D. ³⁾: Range ⁴⁾: Determined by student's t or Fisher's exact tests

成 績

実験Ⅰ. 雄妊孕能の加齢に伴う推移

Fig. 1 に14週齢から妊孕能が消失するまでの間に雄との交配に用いた雌の産子数 (14週齢から34週齢の雄による) ならびに着床数 (35週齢から 104週齢の雄による) の平均値 (±標準偏差) を示した。14週齢から40週齢まで、週齢が進むと共に産子数または着床数は減少する傾向を示すが、週齢間で統計的に有意差はなく、その範囲は最高14.2±2.1匹・(個)～最低12.0±6.7匹・(個)であった。しかし、41週齢以降になると、44週齢頃より有意差が認められ始め(P<0.05～0.001)、44～57週齢では11.7±6.0個～9.8±7.3個、58～67週齢では9.4±7.3個～4.6±7.0個の範囲であった。その後も減少し、68～85

週齢では4.5±6.8個～1.8±4.2個の範囲となり、その後妊娠する個体は極めて少数となり、95週齢では交配に供した雌すべてが不妊となった。

実験Ⅱ. 雄交尾行動の加齢時の変化

1. 乗駕、挿入および射精の発現率と回数

Table 1 に67および104週齢群が、2時間の観察期間中に示した乗駕、挿入、射精の発現率と回数の各平均値 (±標準偏差) を表わし、Figs. 2, 3 にその個体別成績を示した。

乗駕の発現率と回数: 乗駕の発現率は67週齢群が7/7例(100%) に対し104週齢群では5/12例 (42%) となり有意に低下した(P<0.05)。乗駕の平均回数は、67週齢群の42.6±15.3回に対し、104週齢群では1.8± 2.8回となり有意に減少した(P<0.001)。

挿入の発現率と回数: 挿入の発現率は67週齢群の6/7例 (86%) に対し、104週齢群では0/12 (0%)

Fig. 2. Copulatory behavior in 67-week-old group M : mount
I : intromission E : ejaculation

となり有意に低下した($P < 0.001$)。67週齢群の平均挿入回数は 10.3 ± 10.2 回であった。

射精の発現率と回数：射精の発現率は67週齢群の3/7例(43%)に対し、104週齢群では0/12(0%)となり有意に低下した($P < 0.05$)。67週齢群の平均射精回数は、 1.0 ± 1.3 回であった。

2. 雄の乗駕、挿入、射精の各潜時と射精後挿入間隔

Table. 2 に67および104週齢群の乗駕、挿入および射精の潜時と、射精後挿入間隔の各平均値を示した。

乗駕潜時：同居開始から初回の乗駕までの平均乗駕潜時は、67週齢群の 535.4 ± 607.9 秒に対し、104週齢群では $3,822.0 \pm 1,753.4$ 秒となり有意に延長した($P < 0.05$)。

挿入潜時：同居開始から初回の挿入までの平均挿入潜時は、67週齢群が $2,563.0 \pm 2,216.3$ 秒であった。

射精潜時：初回の挿入から射精までの平均射精潜時は、67週齢群が $1,633.7 \pm 977.6$ 秒であった。

射精後挿入間隔：初回の射精から次の交尾シリーズの最初の挿入までの Post-ejaculatory Inter-

Fig. 3. Copulatory behavior in 104-week-old group M : mount
I : intromission E : ejaculation

Table 2. Serial copulatory behavior in male rats of two different age groups

Age (weeks)	n	Mount Latency (sec.)	Intromission Latency (sec.)	Ejaculation Latency (sec.)	Post-ejaculatory Interval (sec.)
67	7	$535.4 \pm 607.9^{1)a}$ (62-1,776) ²⁾	$2,563.0 \pm 2,216.3$ (75-5,648)	$1,633.7 \pm 977.6$ (665-2,620)	657.3 ± 320.6 (320-958)
104	12	$3,822.0 \pm 1,753.4^b$ (1,527-6,282)			

¹⁾ : Mean $\pm$ S.D. ²⁾ : Range

Student's t test : $p < 0.05$ a vs. b

Table 3. Numbers of implantation sites in females mated with male rats of two different age groups

67-week-old		104-week-old	
1 ¹⁾	0	8	0
2	0	9	0
3	0	10	0
4	0	11	0
5	11 (9, 2) ²⁾	12	0
6	13 (10, 3)	13	0
7	14 (8, 6)	14	0
5.4±6.8 ³⁾ 43% ⁴⁾ a		0 0% ^{b)}	

Females were sacrificed at eight days after observation of copulation. ¹⁾: Male number ²⁾: Total (left, right) ³⁾: Mean±S.D. ⁴⁾: Percent of animal responding Fisher's exact test: P<0.05 a vs. b

Table 4. Weights of body and reproductive organs in male rats of two different age groups

Body and Organ Weights		67-week-old	104-week-old
Body	(g)	774±48 ¹⁾ a	683±97 ^{b)}
Testes	(mg)	2,967±183 ^{c)}	2,248±852 ^{d)}
Epididymides	(mg)	1,203±73 ^{e)}	999±271 ^{f)}
Ventral Prostate	(mg)	983±309	857±347
Seminal vesicles	(mg)	2,296±358 ^{g)}	1,680±577 ^{h)}
Penis	(mg)	460±39	495±60

Males were sacrificed at four days after observation of copulation. ¹⁾: All data represent Mean±S.D. Student's t test: P<0.05 a vs. b, c vs. d, e vs. f, g vs. h

val は、657.3±320.6秒であった。

3. 雌の平均着床痕数

Table 3 に67および104週齢群の雄との交配に供された雌の交配8日目の着床痕数について示した。着床率は、67週齢群の3/7例 (43%) に対し104週齢群では0/12 (0%) となり有意に低下した(P<0.05)。平均着床痕数は67週齢群が5.4±6.8個であり、着床痕数0の個体が4/7例 (57%) 認められたが、104週齢群では全例が着床痕数0となった。

4. 雄の生殖器重量

Table 4 に67および104週齢群の交尾行動観察後4日目における雄ラットの生殖器重量を示した。体重ならびに精巣、精巣上体、精嚢腺の各重量は何れも67週齢群に比べ104週齢群では有意に減少した(P<0.05)。67週齢群に比べて104週齢群の値が前立腺腹葉重量において低値を示し、陰茎重量におい

て高値を示す傾向を認めたが有意な変化ではなかった。

考 察

雄の性機能が加齢によって減退する減少は多くの哺乳動物で認められているが、著者らが今回検討した雄ラットの妊孕能においても加齢と共に減少し、44週齢では統計的な差が認められた。その後も暫時減少し、95週齢で消失した。著者らと同じ Wistar-Imamichi 系ラットを使用した Hashizume らの報告 [4] では、生後30,31,59,60,93および94週齢で検討しており、妊孕能を有する個体は30・31週齢では85%、59・60週齢では35%、93・94週齢では0%であったと述べている。本報では、29~31週齢では98%、59~61週齢では54%、92~94週齢では2%の個体に妊孕能が認められ、完全に消失したのは、95週齢であった。妊孕能の消失時期については、Hashizume らと同様の成績を得たが、その他の週齢では何れも Hashizume らの成績よりも若干高い値を得た。この原因として交配方法が考えられる。即ち、著者らの方法は、14週齢以降、連続週1~2回の交配を行った。この交配方法を採用した根拠は、既報 [6] で述べたごとく非老齢動物において、連日交配方法では翌日より妊孕能の低下がみられる [14] が、週1~2回の交配方法では妊孕能の低下がみられないことや、1回の交配により低下した前立腺、精嚢・凝固腺の各重量は3日後にはほぼ回復していること [13] などの成績に基づくものである。しかし、Hashizume ら [4] の方法は12週齢で2回交配した後は検査時期の30, 59および93週齢時まで交配を実施していない。この交配間隔の隔たり (交尾の休憩期間) がラットの妊孕能に影響を与えることが知られており、Weizenbaum ら [15] は週約2回交配しているラットに比べて交尾後6週間目に交配した動物では性行動と繁殖生理面の両活性の低下がみられると述べている。また、著者らも10週齢から週2回交配を22週間続けた後、12週間休憩させたラットにおいて妊孕能の消失を経験している。従って、Hashizume ら [4] の成績の評価においては、加齢による妊孕能の低下に交尾の休憩期間の違いによって生ずる妊孕能の低下を加味して考える必要がある。しかしながら著者らの成績と Hashizume らのそれは、同一系統による成績のためか雄ラットの加齢に伴う

妊孕能の低下割合において著しい差異は認められなかった。この加齢に伴う妊孕能低下と血中性腺ホルモンの動態について、Hashizume ら[4]は、雄ラットの加齢に伴う妊孕能の減退は交尾能の低下に始まり、その減退は血中テストステロン濃度の減少およびプロラクチン濃度の上昇と深い関連性があるとしている。同じく雄ラットで Frankel [2] は妊孕能が消失している老齢雄ラット(108週齢)で血漿テストステロン濃度の低下を認め、発情雌との同居においても、25, 44週齢でみられた同居後の血漿テストステロンおよび LH 濃度の増加は認められなかったとしている。一方 Jakubczak[8]は、老齢雄モルモットでテストステロンの不足を補填しても性行動の活性化を認めていない。これらの報告より加齢性の妊孕能の低下がテストステロンの低下のみの原因によるものではないことが窺える。

交尾行動の加齢性変化については、既報 [6] では総挿入回数は10週, 27週, 44週齢と週齢の増加と共に減少した。本報において、67週齢では44週齢とほぼ同様の値を示したが暫時減少する傾向を示し、104週齢では全く挿入行動は認められなかった。総射精回数は、既報 [6] では、10週齢が 6.8 ± 0.8 回, 27週齢が 3.8 ± 0.4 回, 44週齢が 1.6 ± 2.3 回であり、本報では、67週齢が 1.0 ± 1.3 回, 104週齢においては射精を示した個体は全く認められなかった。乗駕潜時および挿入潜時は、既報 [6] では27週齢時に比べ44週齢時は長くなる傾向を示し、本報の67週齢では44週齢時とほぼ同様の値であったが、104週齢では乗駕までに長時間を要した。射精後挿入間隔では、既報 [6] では10週, 27週, 44週齢と週齢と共に長くなる傾向を示し、本報の67週齢ではその間隔がさらに長くなり、第2回目の射精シリーズに移行するまでに、長時間を要している。既報 [6] において、発情雌との一晚同居による雄ラットの妊孕能は10週および27週齢群では100%であったが、44週齢群では60%に低下した。本報において、67週齢では3/7例 (42.9%) とさらに減少した。妊娠した個体番号5～7の個体は通常の着床数を示した。また、不妊の4例のうち、個体番号3の個体の子宮は偽妊娠様であり、Fig. 2の個体別行動パターンで示す様に、頻回の挿入が子宮頸管を刺激し偽妊娠となったことが示唆される。残る3例は子宮が貯留液で満たされ、発情前期様を呈していた。104週齢では全例が不妊であり、全ての雌が性周期を回帰していた。

既報 [6] ならびに本報の成績より、乗駕、挿入、射精からなる一連の交尾行動の加齢性変化としては、乗駕回数、挿入回数および射精回数は加齢に伴って減少し、乗駕潜時、挿入潜時、射精潜時および射精後挿入間隔は逆に加齢に伴って延長することが明らかになった。そして、射精回数の減少、行動パターンの不規則化、射精の消失、挿入の消失、乗駕の消失の順に加齢性変化が生ずることが認められた。67週および104週齢での交尾行動を若い成熟雄ラットのそれと比較すると、十分に発情状態にある雌は若い成熟雄に対して、darting や ear-wiggling などの勧誘行動を示す。そして同居開始後2時間以内で、若い成熟雄は、通常6～7回の射精シリーズを示し、乗駕、挿入、射精からなる行動パターンも極めて規則性が高い。これに対して Fig. 2の乗駕のみ、あるいは乗駕と挿入行動しか見られなかったNo. 1～4の個体、および Fig. 3の乗駕行動のみしか示さないNo. 8, 9, 14, 15および17の個体との交配に供した雌では、若い成熟雄との交配に見られるような darting 行動は殆ど認められない。従って雌の darting 行動と雄の性的活性との間には強い関連性があるように思われる。また成績には示さなかったが、雄の一連の交尾行動の中に雌の陰部に対する嗅ぎ行動があり、同居開始時や射精シリーズの開始時には必ず見られる。この嗅ぎ行動の発現は、67週齢までは全例に見られたが、104週齢においては乗駕行動を示した個体のみしか示さず、交尾行動の加齢性変化と嗅覚機能との関連の可能性が示唆された。これら交尾行動の加齢性変化の原因については今後の研究課題としたい。

要 約

雄ラット(Wistar-Imamichi系)の妊孕能の加齢性変化について検討した。14から40週齢まで、週齢が進むと共に交配雌の産子数(着床数)は減少(14.2～12.0匹・個)する傾向を示したが、統計的に有意な変化ではなかった。しかし、44週齢(11.7個)頃より有意差が認められ始め($P < 0.05 \sim 0.001$)、95週齢では全例不妊となった。雄交尾行動の加齢時の変化では、乗駕のみの発現率は67週齢群が100%、104週齢群が42%であった。乗駕回数は、67週齢群の 42.6 ± 15.3 ($\pm$ SD)回に対し、104週齢群は 1.8 ± 2.8 回であった。挿入および射精は67

週齢群にのみ認められ、その発現率と平均回数は挿入が86%と 10.3 ± 10.2 回、射精が43%と 1.0 ± 1.3 回であった。乗駕潜時では、67週齢群の 535.4 ± 607.9 秒に対し104週齢群は $3,822.0 \pm 1,753.4$ 秒となり有意に延長した($P < 0.05$)。また、67週齢群の挿入潜時は $2,563.0 \pm 2,216.3$ 秒、射精潜時は 1633.7 ± 977.6 秒、射精後挿入間隔は 657.3 ± 320.6 秒であった。雌の妊娠率と着床数は67週齢群が43%と 5.4 ± 6.8 個であり、104週齢群では全例が不妊であった($P < 0.05$)。生殖器重量は、104週齢群では精巢、精巢上体および精囊重量が低値を示した($P < 0.05$)。以上のごとく、Wistar-Imamichi 系雄ラットにおける交尾行動は加齢と共に減退し、妊孕能が完全に消失した104週齢では乗駕行動を示す個体が少数認められるものの、挿入や射精行動を示す個体は全く認められなかった。

本実験結果の解析に際し適切な御助言を賜った(財)動物繁殖研究所所長の滝沢隆安博士および本実験を行うにあたって惜しみない協力をいただいた加藤公正、佐々木淳一、新村幸仁室員にお礼申し上げます。

文 献

- [1] Beach, F. A. and Jordan, L. (1956). Sexual exhaustion and recovery in the male rat. *Quart. J. Exp. Psychol.*, **8**, 121-133.
- [2] Frankel, A. I. (1981). Hormone release during computer-monitored sexual behavior in mature and aged male rats. *Horm. Behav.*, **15**, 312-320.
- [3] Harman, S. M. (1978). Clinical aspects of aging of the male reproductive system. In *The Aging Reproductive System*, pp. 29-58, Schneider, E. L. (ed.), Raven Press, New York.
- [4] Hashizume, K., Ikarashi, Y., Sakuma, S., and Sakai, Y. (1984). The relationship between serum hormone levels and reproductive ability in aging male rats. *Exp. Anim.*, **33**, 159-163.
- [5] Heimer, L. and Larsson, K. (1967). Mating behavior of male rats after olfactory bulb lesions. *Physiol. Behav.*, **2**, 207-209.
- [6] Hokao, R., Ito, T., Noguchi, J., Wakafuji, Y., Agematsu, Y., Saito, T. R., Takahashi, K. W., and Imamichi, T. (1992). Effect of age on the copulatory behavior of the male rat. *Exp. Anim.*, **41**, 259-268.
- [7] 今道友則(1961). 繁殖生理学および内分泌学に適する生理的特徴を目標とした Wistar-Imamichi Rat の育成について, 日本臨床, **19**, 99-109.
- [8] Jakubczak, L. F. (1964). Effects of testosterone propionate on age differences in mating behavior. *J. Gerontol.*, **19**, 458-461.
- [9] Larsson, K. (1958). Sexual behavior in senile male rats. *J. Gerontol.*, **13**, 136-139.
- [10] Minnick, R. S., Warden, C. J., and Arieti, S. (1946). The effects of sex hormones on the copulatory behaviour of senile white rats. *Science*, **103**, 749-750.
- [11] Phoenix, C. G. and Chambers, K.C. (1982). Sexual behavior in aging male rhesus monkeys. In *Advanced Views in Primate Biology*, pp. 95-104, Chiavelli, A. B. and Corruccini, R. S. (eds.), Springer, Berlin.
- [12] 滝沢隆安(1986). 一般統計解析ソフトウェア. 文永堂, 東京.
- [13] 若藤靖匡(1988). 多産系ラットに少数認められる低産子数の母親を発現させる諸要因の探求と遺伝的に低産子数を示す雄の選抜育成. pp. 145-147, 日獣畜大, (博士論文), 東京.
- [14] 若藤靖匡・高倉元史・外尾亮治・津江本由美子・高橋和明・今道友則(1985). 雄ラットの交配使用頻度と妊孕率および着床数について. 家畜繁殖誌, **31**, 110-114.
- [15] Weizenbaum, F. A., Mathews, M., Whitehouse, J., and Adler, N. (1981). Depressant effects of sexual rest on reproductive behavior and physiology in male rats. *Biol. Reprod.*, **25**, 747-751.