Tsukuba Psychological Research
2000, **22**, 23-27

高・低活動系マウスの妊娠率，産仔数および仔の死亡率[1)]

筑波大学心理学系　森　　俊之

筑波大学大学院(博)心理学研究科　小貫　泰広

筑波大学心理学系　牧野　順四郎

Pregnancy rates, litter sizes and infant fatality rates in high- and low-active strains of mice

Toshiyuki Mori, Yasuhiro Onuki and Junshiro Makino (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan*)

Pregnancy rates, litter sizes, and infant fatality rates were investigated for 20 generations of two strains of mice selected for open field activity (high- and low-active strains). Data were obtained from breeding records for each strain from 81st to 100th generation. Means for the three measures were calculated in each strain over the 20 generations. The difference in the pregnancy rates for two strains was not significant (92.1 % for high-active strain, 94.9 % for low-active strain). The mean litter size for low-active strain was found to be significantly smaller than that of high-active strain (7.54 for high-active strain, 5.75 for low-active strain). The infant fatality rate for low-active strain was much higher than that of high-active strain (40.3 % for low-active strain, 13.1 % for high-active strain). The results indicate that low-active strain produced fewer offspring than high-active strain. Possible factors for the high infant fatality rate in low-active strain are discussed.

Key words: pregnancy rates, litter size, infant fatality rates, strain differences, mice.

牧野(1983)は，ICR/JCL系を中心としたアルビノマウスを基礎集団として，オープンフィールドでの移動活動量を基準にした両方向選択交配実験を行った．選択は20代まで行われ，その結果，活動量の異なる2系統(高活動系と低活動系)が分離された．以降，選択交配は断続的に続けられ，現在106世代を数えている．

ここで選択基準とされたオープンフィールドでの移動活動(活動性)は，長い間，情動性の測度と考えられてきた．すなわち，明るくて新奇な場面では情動の昂進が生じ，じっとして動き回らず，情動が収まると平気で動き回るようになるというわけである．そもそも，オープンフィールドでの排糞が情動性の測度として考えられたのだが，この排糞量と移動活動量が負の相関を示すことから，オープンフィールドでの移動活動量もまた情動昂進の測度として使用できると考えられたのである(Hall, 1936)．これら2つの測度の妥当性と信頼性については，多くの議論がなされてきたが(Archer, 1973)，オープンフィールドでの移動活動量が情動性と関係あると考えるなら，活発に動き回る高活動系は情動性が低く，あまり動かない低活動系は情動性が高いと考えることもできる．

情動性の測度としては，オープンフィールドテストの他に，藤田(1975)により考案されたランウェイテストがある．これは，暗い出発箱と明るい直線走

1) 本研究は交配記録簿のデータを集計し直したものであり，交配記録簿の作成にはマウス飼育に携わった方々の協力を得ました．深く感謝致します．

路からなる装置を用いたテストで，被験体は最初に暗い出発箱に入れられ，その後自由に走路に出てそこを動き回ることができる．情動性の高い個体は，暗い出発箱に留まり走路部に出て行かないのに対し，情動性の低い個体は明るい走路に出て自由に動き回ると考えられた．細川・牧野(1995)は，このランウェイテストで高・低活動系マウスの行動を調べたところ，高活動系マウスは容易に走路部に出て歩き回るのに対し，低活動系マウスはその逆の傾向を示すことを見いだした．この結果は，高活動系は情動性が低く，低活動系が高情動的であることを示すものである．

また，やはり不安傾向や情動性の測度と考えられるdefensive buryingテストにおいても，低活動系マウスの方が情動性が高いことが示唆されている(田中，1996)．これらの研究結果を総括すると，高・低活動系は，情動性においても異なるマウスの系統と考えることができる．

ところで情動性の違いは，新奇場面や嫌悪刺激など，ストレスフルな状況に直面したときの生体の対処傾向の違いとみれば，情動性の高い動物とは環境刺激の変化に対して，いわば過敏な不安や恐怖，嫌悪，警戒などを，本来的に強く示しやすい動物と考えられるであろう．すなわち，高情動性動物は，オープンフィールドなどの実験場面においてのみ高情動的であるわけではなく，比較的恒常的な飼育ケージにおいても，床敷交換などの作業に伴う環境変化に対して過敏に反応していると考えられる．このことは，高・低活動系マウスのもつ情動性の違いが，繁殖行動やその結果にも影響を及ぼしている可能性を示唆する．和田・中津山・細川(1999)は，刺激に対する反応性の違いが母親の仔喰いの生起に影響を与えている可能性を示唆している．

実際に系統の繁殖・維持作業に携わっていると，低活動系マウスの方が高活動系マウスよりも維持が困難であるという印象を受ける．すなわち，交配作業の段階や実験用個体の供給の段階で，低活動系の方が十分な被験体数を揃えることが難しいと感じるのである．このことは，高活動系マウスと低活動系マウスでは，妊娠率や産仔数などが異なっている可能性が高いことを意味している．

本研究では，オープンフィールド活動性を基準に選択交配された2系統のマウスのこれまでの交配記録簿を調べ直し，両系統の妊娠率・産仔数・仔の死亡率を比較することを目的とした．

方　法

調査対象

牧野(1983)により選択交配され，現在筑波大学心理学系で兄妹交配により維持されている高活動系マウスおよび低活動系マウスの第81世代～第100世代の20世代分の交配記録簿を調査対象とした．

被験体の飼育・交配の手続き

通常飼育　各個体とも生後20日齢前後で離乳され，離乳から交配までは同腹の仔同士で雌雄別に1ケージあたり2～6匹で集団飼育された(ただし，同腹・同性の個体が1匹しかいない場合は，同腹の異性の個体と同居させられた)．ケージは透明ポリカーボネート製(17.5×24.5×12.5cm)で床には床敷としてオガクズが敷かれていた．餌および水は，各ケージに常設された餌箱，水瓶により自由に摂取することが可能であった．原則として，床敷の交換(1週間に1度)と餌補給・水瓶交換(1週間に3度)以外は，人間による干渉は受けなかった．飼育室は，常時23℃前後に調節され，明期12時間(8：00～20：00)，暗期12時間(20：00～8：00)の明暗サイクルで照明された．

交配　2～3ヶ月齢の段階で，同系統・同腹の雌雄(雌1～3匹，雄1匹)を1つのケージに入れて交配した．ケージは通常飼育に用いられているものと同タイプのものである．毎週1回，ケージの床敷を交換する際に，メスの腹部の膨らみ具合を確認し，腹部の膨らみが確認されたメスは妊娠したものとして別ケージ(14×26×12.5cm)に隔離された．餌補給および水瓶の交換の際に，ケージの外から出産の有無が確認された．交配期間の長さは1～2ヶ月であった．その他の飼育条件は，通常飼育と同じであった．

分析の手続き

交配に用いたメスのうち，交配手続き後，1ヶ月以内に死亡もしくはケージ外逃亡したものは，妊娠の機会を得なかったものとして，分析対象から除外した．また，分析にはすべてメスの初産のデータのみを用いた．以下の手続きにより妊娠率，産仔数，仔の死亡率を算出した．

妊娠率　妊娠の機会を得たメスの総数を分母，妊娠したメスの総数を分子とした割合を妊娠率とし，この妊娠率を各系統，各世代毎に算出した．

産仔数　離乳時に記録した1リター当たりの仔の数を産仔数とした．したがって，実際には仔が産まれた後，離乳までの間に途中で死亡する仔も存在する

可能性があることから，真の産仔数よりは少ないかもしれない．各世代毎の平均および20世代全体での平均を算出した．

仔の死亡率　妊娠したメスの総数を分母，そのうちリターが離乳まで生存できずに全滅したメスの総数を分子とした割合を仔の死亡率(リターの全滅率という表現の方が正確かもしれない)とし，この仔の死亡率を各系統，各世代毎に算出した．この場合の仔の死亡(リターの全滅)には，腹部の膨らみが確認されて妊娠したと判断されたが，その後，仔の出産を確認できなかったもの(流産したものや出産直後に仔喰いにあったもの)も含まれる．

結果と考察

妊娠率

Table 1 に高・低活動系マウスの各世代毎の妊娠率を示した．表より，若干のばらつきは見られるものの，両系統とも妊娠率が高いことがわかる．Mann-Whitney の検定の結果，両系統の妊娠率に有意差はみられなかった(U＝172.5，n.s.)．

情動性で選択交配された Tsukuba 高・低情動系ラットの比較では，高情動系のオスはなかなか性行動を示さないこと(藤田，1986)，高情動系の方が妊娠率が低いこと(和田ら，1999)などが報告されている．それゆえ，本研究でも情動性の高いと考えられる低活動系の方が妊娠率が低いだろうと予想された．しかし，結果は予想とは異なり両系統の妊娠率に差はみられなかった．もちろん，このことが両系統の性行動の諸側面に差が見られないというわけではなく，今後，両系統の雌雄の性行動について検討していく必要はあるであろう．

妊娠率算出に用いられた母親の総数(分母)をみると，全般に高活動系の方が低活動系よりも少なかった．これは，高活動系の母親もしくは父親が交配期間中に死亡してしまうことが多かったことに起因していた．この高活動系の交配途中での死亡率の高さは，彼らの性行動のあり方にあるのか，高活動系が何らかの疾患にかかりやすいために元々死亡率が高いことが原因なのかは不明であるが，これも今後検討すべき興味深い事実といえよう．

産仔数

Table 2 に高・低活動系マウスの各世代毎の平均産仔数を示した．第81世代，第83世代および第87世代を除くすべての世代で高活動系の方が産仔数が多いことが示された．20世代分のデータの平均を t 検定で比較したところ，有意な系統差が認められた

Table 1　Pregnancy rates in high- and low-active strains.

Generations	High-active strain		Low-active strain	
G.81	100.0%	(12/12)	100.0%	(9/9)
G.82	66.7%	(4/6)	100.0%	(6/6)
G.83	100.0%	(6/6)	76.9%	(10/13)
G.84	100.0%	(11/11)	100.0%	(13/13)
G.85	100.0%	(13/13)	100.0%	(15/15)
G.86	85.7%	(6/7)	100.0%	(14/14)
G.87	100.0%	(10/10)	78.6%	(11/14)
G.88	80.0%	(8/10)	100.0%	(9/9)
G.89	83.3%	(5/6)	100.0%	(6/6)
G.90	100.0%	(4/4)	100.0%	(6/6)
G.91	90.9%	(10/11)	100.0%	(7/7)
G.92	76.9%	(10/13)	100.0%	(10/10)
G.93	100.0%	(13/13)	100.0%	(13/13)
G.94	83.3%	(10/12)	100.0%	(15/15)
G.95	100.0%	(8/8)	100.0%	(15/15)
G.96	75.0%	(3/12)	77.3%	(17/22)
G.97	100.0%	(10/10)	72.7%	(8/11)
G.98	100.0%	(17/17)	100.0%	(16/16)
G.99	100.0%	(10/10)	92.9%	(13/14)
G.100	100.0%	(10/10)	100.0%	(13/13)
Mean	92.1%		94.9%	

* Number in parentheses represented number of pregnant female (numerator) and number of total female (denominator).

Table 2 Mean litter size in high- and low-active strains.

Generations	High-active strain			Low-active strain		
	Female	Male	Total	Female	Male	Total
G.81	2.83	2.92	5.75	4.17	4.17	8.33
G.82	2.67	3.67	6.33	2.40	2.40	4.80
G.83	2.50	3.75	6.25	2.44	3.89	6.33
G.84	3.09	3.64	6.73	2.38	4.25	6.63
G.85	3.75	4.25	8.00	3.00	2.82	5.82
G.86	3.60	3.40	7.00	2.57	1.86	4.43
G.87	3.14	2.86	6.00	3.00	3.67	6.67
G.88	4.14	3.71	7.86	2.00	1.75	3.75
G.89	3.00	1.33	4.33	2.00	1.50	3.50
G.90	3.50	3.00	6.50	3.00	1.50	4.50
G.91	4.11	4.67	8.78	2.83	3.33	6.17
G.92	3.63	4.00	7.63	3.13	2.88	6.00
G.93	3.55	2.91	6.45	2.40	2.00	4.40
G.94	3.50	3.25	6.75	3.00	2.60	5.60
G.95	4.50	3.88	8.38	4.50	2.17	6.67
G.96	4.13	5.13	9.25	3.86	3.00	6.86
G.97	4.75	3.88	8.63	2.83	3.83	6.67
G.98	5.29	4.41	9.71	2.70	2.40	5.10
G.99	4.20	5.70	9.90	2.25	3.38	5.63
G.100	5.70	4.80	10.50	2.83	4.33	7.17
Mean	3.78	3.76	7.54	2.86	2.89	5.75

($t=7.068$, $df=285$, $p<.01$).

今回の産仔数の結果は，正確には離乳時までに生存していた仔の数であり，それゆえに本当に産仔数が少ないのか，それとも途中で仔が死ぬことが多いから離乳時の仔の数が少ないのか結論を出すことはできない．これについては，今後，出産直後の仔の数を計測する必要があるだろう．

産仔数の性比については，両系統ともほぼ1対1であり，差は見られなかった．

仔の死亡率

Table 3 に高・低活動系マウスの各世代毎の仔の死亡率を示した．表より，第82世代，第83世代，第92世代を除くすべての世代で低活動系の方が高活動系よりも仔の死亡率が高いことがわかった．Mann-Whitney の検定を行ったところ，低活動系の仔の死亡率は高活動系の仔の死亡率よりも有意に高いことが示された($U=52.0$, $p<.01$)．

この仔の死亡の原因は，流産によるものなのか，病気によるものか，養育の不完全さによるものなのかは特定できない．しかし，低活動系の方が仔の死亡率が高いことの原因については，幾つかの可能性が考えられる．

まず，低活動系は情動性が高く，外的刺激に対する感受性が高いために，仔喰い(仔殺し)を起こしやすいという可能性が考えられる．Poley(1974)は，仔喰いを示した母親マウスと仔喰いを示さなかった母親マウスの行動特性を比較し，仔喰いを示す母親は音刺激に対する感受性が高いことを見いだしている．

また，母親に対する強いストレスは乳汁分泌を減少させたり，乳汁成分を変化させる可能性が考えられるが，低活動系は情動性が高いことにより，仔への栄養供給が不十分となり，それにより成長が妨げられているのかもしれない．

飼育時における視察によれば，両系統の養育行動に違いがある可能性も高い．暗期には両系統とも飼育ケージの中で活発に動き回るが，明期の飼育ケージ内の行動には明らかに差があり，高活動系は比較的ケージ内を動き回るのに対し，低活動系はオガクズの中にもぐり込み，ほとんど動かない．こうしたホームケージ内での行動の違いは，養育時においても見られる可能性が高い．

これらの可能性を検討するために，今後，両系統の養育場面での行動を詳細に観察することが必要である．また，高活動系と低活動系の間で養母交換を行って，仔の生育を比較することも必要である．牧野(1983)の研究の中で，高活動系と低活動系の養母交換を行った実験があるが，その中ではオープンフィールドの結果のみが検討されているだけで，両

Table 3　Infant fatality rates in high- and low-active strains.

Generations	High-active strain		Low-active strain	
G.81	0.0%	(0/12)	22.2%	(2/9)
G.82	25.0%	(1/4)	16.7%	(1/6)
G.83	33.3%	(2/6)	10.0%	(1/10)
G.84	0.0%	(0/11)	15.4%	(2/13)
G.85	7.7%	(1/13)	26.7%	(4/15)
G.86	16.7%	(1/6)	42.9%	(6/14)
G.87	30.0%	(3/10)	72.7%	(8/11)
G.88	12.5%	(1/8)	55.6%	(5/9)
G.89	40.0%	(2/5)	50.0%	(3/6)
G.90	0.0%	(0/4)	66.7%	(4/6)
G.91	10.0%	(1/10)	14.3%	(1/7)
G.92	20.0%	(2/10)	20.0%	(2/10)
G.93	15.4%	(2/13)	53.8%	(7/13)
G.94	20.0%	(2/10)	66.7%	(10/15)
G.95	0.0%	(0/8)	53.3%	(8/15)
G.96	11.1%	(1/9)	64.7%	(11/17)
G.97	10.0%	(1/10)	25.0%	(2/8)
G.98	0.0%	(0/17)	37.5%	(6/16)
G.99	10.0%	(1/10)	38.5%	(5/13)
G.100	0.0%	(0/10)	53.8%	(7/13)
Mean	13.1%		40.3%	

* Number in parentheses represent number of female whose infant had all died (numerator) and number of pregnant female (denominator).

系統の親の養育行動や仔の発達的側面に関する違いについては検討がなされていない．

本研究の結果，低活動系の方が高活動系よりも産仔数が少ないこと，仔の死亡率が高いことが明らかとなった．その原因については幾つかの可能性が考えられるが，本研究の結果からは明らかにできない．今後は，本研究で考察された可能性について，実験的に検討していく必要があるだろう．

引用文献

Archer, J. 1973 Tests for emotionality in rats and mice: A review. *Animal Behaviour*, **21**, 205-235.

藤田　統　1975　ラットの情動反応性の測度としてのランウェイ・テストにおける諸反応の行動遺伝学的分析：I　表現型変異子－親回帰に基づく遺伝推定値　心理学研究，**46**，281-292.

藤田　統　1986　行動遺伝学的に作られた高・低情動反応性系ラットの自然環境場面における行動の分析　昭和59・60年度科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書.

Hall, C.S. 1936 Emotional behavior in the rat: III. The relationship between emotionality and ambulatory activity. *Journal of Comparative Psychology*, **22**, 345-352.

細川裕士・牧野順四郎　1995　ランウェイにおける高・低活動系マウスの行動　筑波大学心理学研究，**17**，29-35.

牧野順四郎　1983　マウスのオープンフィールド行動に関する行動遺伝学的研究　学術博士学位論文(筑波大学).

Poley, W. 1974 Emotionality related to maternal cannibalism in BALB and C57BL mice. *Animal Learning & Behavior*, **2**, 241-244.

田中貴広　1996　高低活動系マウスのdefensive buryingに関する研究　筑波大学第二学群人間学類平成7年度卒業論文.

和田由美子・中津山英子・細川裕士　1999　Tsukuba高・低情動系ラットの妊娠率と仔喰い率　筑波大学心理学研究，**21**，67-71.

—1999．9．30 受稿—