

## マウスの Open-Field Behavior の系統差と

### それに及ぼす養母交換の効果

筑波大学心理学系

原 正 隆

Hall (1934) 以後、主としてラットやマウスのようなゲッ歯類の不安や恐怖のような情動性(emotionality)の指標として、Open-Field (以後 OF と略す) 場面における移動活動数や排便数を用いた研究が数多くなされて来た。OF 場面では、夜行性の動物であるラットやマウスにとって、OF が広く明るいので、情動的場面であり、そのような場面で、'探索' して動き回るのは動物は低情動であり、'すくんで' じっとして動かない動物は高情動であると考えられて来た。しかし、Archer (1973) や藤田 (1973) は、このような考えに反対して、移動活動数が多いのは、必ずしも低情動の反映ではなく、場面からの逃避反応をも含んでいるので、OF 場面における移動活動数は、情動性の指標として妥当でないと主張している。

情動性の指標として、OF 場面での行動を用いるのが妥当であるかどうかの論議とは別の問題として、主として、行動遺伝学的立場から、近交系マウスを用いた、OF における行動(Open-Field Behavior, 以後 OFB と略す)の系統比較に関する研究がなされて来ている。(Abeelen 1966, Guttman 他1969など)。たとえば、Guttman らは、OF で、DBA 系マウスでは、排便数や体なめ数が多く C57 BL 系マウスでは、後肢立ち数が多いと報告した。近交系マウスを用いた研究では、通常は、系統間の行動の差異を明らかにし、さらに、この行動の差異を系統間の遺伝子型の違いによって説明しようとしている。その方法の1つとして、2系統の動物の交雑によって得られた各世代の表現型の比較をする遺伝分析が挙げられる。しかし、単なる系統比較の場合、表現型である行動は、遺伝的要因と環境的要因の影響を受けるので、後者の要因が完全に統制されていないかぎり、行動の系統差が、ただちに、両系統の遺伝子型の差異によるとは言えない。一般的に言うと、系統比較の問題に関係すると思われる環境的要因の統制は、かなり難しいと言える。しかも、遺伝子型の発現の結果として、系統間で、刺激に対する感受性や反応性が違うことも予想されるので、完全な系統比較は、非常に難しいものであると言える。

さらに、一口に環境と言うが、それは、実験場面と云う意味と、個体がそれまでに経験して来た環境の総和の

2つに分けられ、両者の関数が環境であると言える。特に、後者の意味で環境を考えた場合、記憶における順向抑制の例のように、過去の経験が後の行動の様々な側面に影響することは、数多く知られている。近年、初期経験、あるいは、幼児期刺激づけ、という名の下で数多くの研究がなされて来た(藤田 1977)。これらの研究も過去の経験の後の行動への影響を示すもので、それらは、胎児期や離乳前の幼若動物に与えた電気ショックやハンドリングが、成体になってからの情動的場面における行動や学習に影響を与えることを示している(藤田 1977)。そして、この初期経験のメカニズムとして、母親行動説が提唱されている(Russell 1971)。自然界では、実験室における電気ショックやハンドリングに当るものとして、母親が仔をなめる、あるいは、口にくわえて巣に連れ戻すなどの行動が考えられる。それはともかくとして、Russell の母親行動説から考えると、OFB の系統差は、本来は、母親行動の系統差であって、それが仔への刺激作用となって、後の OFB の系統差を生むとも考えられる。もし、このような考えが正しければ、2系統のマウスの仔を、初期経験の臨界期を含む時期に、他の系統の養母に育てさせれば、後の OFB が養母の系統と同じになると考えられる。

そこで、本実験では、C3H/He 系と I20/15/F 系マウスの OFB の系統差の確認と、母親の交換の影響を検討することを目的とする。

#### 方 法

**被験体** C3H/He と I20/15/F の2系統の近交系マウス120匹を用いた。いずれも、東京教育大学と筑波大学において維持されてきたものである。各系統の半数ずつが雌雄である。各系統は、後の手続の項で述べるように、出生直後の養母の交換によって雌雄同数の3群に分けられる。離乳(約20日令)後、雌雄別に、リッターごとに集団飼育された。生後8週令で、OFテストを受けた。

**装置** 60×60×30cm の黒い鉄製の Open-Field を用いた。OF の床に20cm 間隔に白線を描き、これによって、OF を20cm 平方の9区画に分けた。装置の外側に

4対の光電スイッチを取り付け、被験体が白線を横切ると、この光電スイッチによって、デジタルカウンターの回路が閉じて、カウンターによって、白線を横切った回数が自動的に記録された。ツインタイマーによって1分ごとにデジタルプリンターを駆動させ、デジタルカウンターの数値を1分ごとに印字させた。装置は、室内灯と装置中央の床上約1.5mの高さに吊るされた100w電球1個によって照明された。明るさは、装置中央の区画で、300ルクスであった。

**手続** 両系統の被験体は、出生後1日以内の養母交換の手続によって、次のような群に分けられた。1) 非交換群 (略して NC 群): 出生から離乳まで実母に育てられる群。2) 異系統養母群 (略して CB 群): 出生後1日以内に、異系統の養母 (C3H の仔は I20 の養母, I20 は C3H の養母) に養母交換される群。3) 同系統養母群 (略して CW 群): 養母交換の手続は、異系統養母群と同じであるが、養母が同じ系統の別のメスマウスである点が異なる群。2つの養母交換群の養母として用いたメスマウスは、全て、養母交換の時に、出産後2日以内のものを用いた。養母交換の時に、リッターサイズの統制はせず、そのまま養母に育てさせた。非交換群と同様に、2つの養母群の被験体は、離乳まで同じ養母に育てられた。なお、2つの養母交換群12にリッター中1リッターのみが離乳前に死亡した。

被験体が8週令になった時、1日5分間、連続3日間、個別に Open-Field テストを受けた。テスト時期は、午前10時より12時の間であった。テストは、OF の中央の区画に被験体を置いた時に開始し、以後5分間、1分ごとに OFB を測定し、5分間のテスト終了後に体重を測定した。5分間のテストで測定した行動は次の5項目であった。1) 通過区画数 (Crossing): 床上の白線を横切った回数。デジタルプリンターで印字されたものを用いた。2) 後肢立ち数 (Rearing): 前肢を上げて、後肢と尾で立ち上がった回数。前肢を床につけるまでを1回とした。3) 洗顔数 (Face Washing): 両前肢で顔を洗うような動作をした回数。他の行動に移るか、約1秒以上中断するまでを1回とした。4) 毛づくろい数 (Grooming): 主として横腹や生殖器部をなめる行動で、なめる部位に関係なく、約1秒以上中断するか、他の行動に移るまでを1回とした。5) 排便数 (defecation): 装置内にした便の数。便の大きさに関係なく1個と数えた。

結果の分析は、上記の5項目の内、通過区画数と後肢立ち数は分ごとのデータを分析し、残りの3つの項目は、1日の合計で分析した。なお、結果の項で述べるが、C3H 系に毛づくろい行動がほとんど見られなかったため、毛づくろい数の分析は、I20 系のデータのみで行なった。

## 結 果

### 通過区画数

まず、通過区画数の各系統、各群の平均を Fig 1 に図示した。図から、1) 系統差がある。2) I20系には日内、日間の減少が見られる。3) 養母交換の効果については、一定の傾向が見られない。4) 性差はない。の4点が言える。分散分析の結果、系統差と日間の差が有意であった。通過区画数は、I20 系の方が C3H 系より多いと言える。また、系統×日間の交互作用が有意であった。この交互作用は、日間の要因が有意であったことと合せ考えると、I20 系の通過区画数が日間で減少することを示している。日内の主効果と日内に関する交互作用、また、群差、群との交互作用に有意差はなく、性差についてもほぼ同様であった。

### 後肢立ち数

後肢立ち数の結果を Fig 2 に示した。分散分析の結果、まず、系統差が有意で、I20 系の方が C3H 系より多いと言える。次に、群差は有意でなかったが、系統×群の交互作用が有意であり、C3H 系では、非交換群が他の2群より後肢立ち数が多いのに対して、I20 系では、同系統養母群が他の2群より多く、系統によって養母交換の

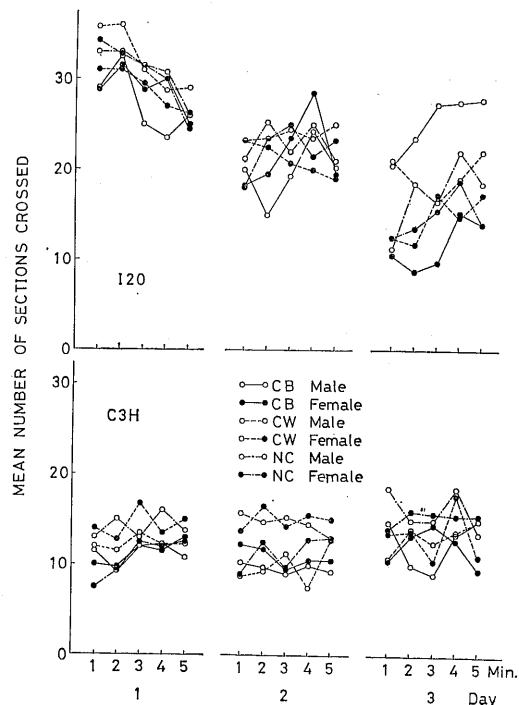


Fig. 1 Mean number of Sections Crossed for Three Groups of Two Strains; Upper: I20 Strain, Bottom: C3H Strain

影響に違いがあることを示している。また、日内、日間の主効果も有意であり、両者とも全体的に見ると減少すると言えるが、系統×日内、系統×日間の交互作用が有意であったので、日内については、C3H系が増加するのに対してI20系は減少するし、日間については、I20系が減少するのに対して、C3H系では変化しないと言える。

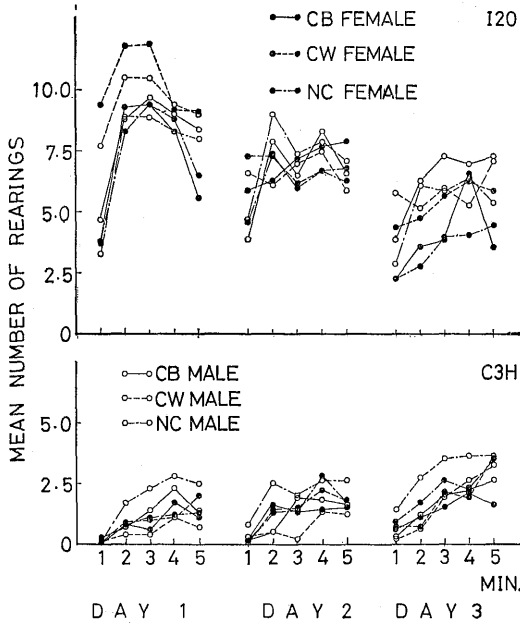


Fig. 2 Mean Number of Rearing Responses for Three Groups of Two Strains; Upper: I20 Strain, Bottom: C3H strain

洗顔数

洗顔数の結果を Fig 3 に示した。分散分析の結果、系統、群、性の主効果が有意であった。洗顔数は、I20系の方がC3H系より多く、非交換群の方が他の2群より多く、雌の方が雄より多い。しかし、この群差は、系統×群の交互作用が有意であることを考えると、C3H系には群差がなく、I20系の群差によるものと思われる。日間、および、系統×日間の交互作用も有意であった。これは、I20系の日間増加が有意であることによる。

毛づくろい数

Fig 4 に I20 系の毛づくろい数の平均を示した。C3H系60匹中11匹が毛づくろいをし、その合計が16回で、C3H系の分散が小さいため、毛づくろい数についての統計的処理はI20系についてのみ分散分析を行った。性、群の別に、系統間でU検定をしたところ、雄の同系統養母群のみ系統間に差がなく、他の5つのU検定全て

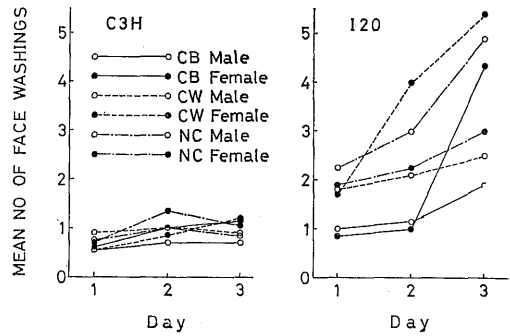


Fig. 3 Mean number of Face Washings; F: Females, M: Males, Left: C3H strain, Right: I20 Strain

が有意であった。I20系のみ分散分析の結果、群差、性差とも有意であり、非交換群が他の2群より多く、雌の方が雄より多かった。また日間に差があり、日間増加を示している。

排便数

排便数の結果を Fig 5 に示した。分散分析の結果、系

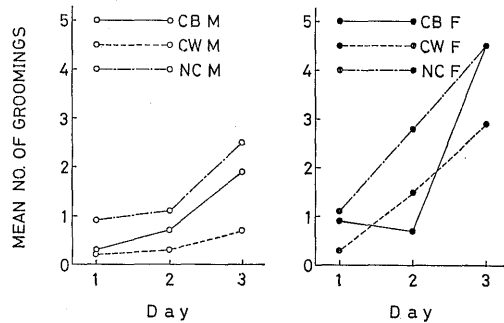


Fig. 4 Mean Number of Groomings for I20 strain only; Left: Males, Right: Females

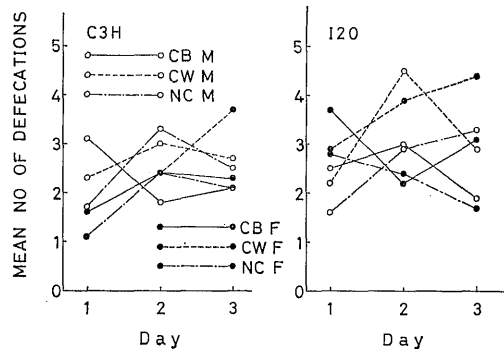


Fig. 5 Mean Number of Defecations; Left: C3H strain, Right: I20 strain, M: Males, F: Females

統差, 群差が有意であり, I20 系の方が C3H 系より多く, 同系統養母群が他の 2 群より多かった. 日間にも有意差があり, 日間で増加すると言える.

### 体重

体重は, OFB ではないが, 養母交換の発育的側面に対する影響を見るために, OF テスト 3 日目終了後に測定した体重の平均を Table 1 に示した. 分散分析の結果, 系統, 性の主効果が有意であり, I20 系の方が C3H 系より重く, 雄の方が雌より重い. 群差, および, 系統×群の交互作用が有意で, C3H 系では, 非交換群が他の 2 群より重いものに対して, I20 系では, 異系統養母群が他の 2 群より軽かった.

Table 1 Mean Body Weight of Three Group of C3H and I20 Mice

	C3H	
	Female	MaLe
NC	20.9	24.7
CB	20.4	24.3
CW	20.2	25.7
I20		
NC	29.5	35.9
CB	27.2	33.3
CW	29.1	35.9

### 考 察

OF での全ての測度, および, 体重に系統差が見られた (毛づくろい数については, 分散分析をしていない). すなわち, 上記の全ての測度について, I20 系の方が C3H 系より多かった. 高橋, 牧野 (1972) によると, C3H 系は, 活動性及び反応易動性が低く, I20 系の祖先である ICR/JCR 系は, C57BL/6 系とほぼ同様で, 活動性が高く, 刺激に対する反応が速いと報告した. また, OF における排便, 排尿数は, C3H 系の方が ICR 系より多かった. 本実験で用いた I20 系は, ICR 系を祖先とするが, 同じ系統ではないので, 直接, 高橋, 牧野の結果と比較できないが, 排便の結果を除いて, 同じ傾向にあることは興味深い. 排便の結果が違うのは, 用いた系統の違いであるのか, 高橋, 牧野が排尿を含めていることによるのか, あるいは, その他の要因によるのか不明である. しかし, C3H の活動性が低いという点では, 本研究でも同じであった. 行動観察の印象も, I20 の活動性が高く, C3H の活動性が低いという結果と一致している. I20 系の多くは, OF の壁づたいに走り, OF の隅で後肢立ちをするというパターンを繰り返すこ

とが多い. 一方, C3H 系は, 移動する距離が短く, 前方のみならず, 左右, 後方に少し移しては方向を変えることが多く, その結果, 同 1 区画に長く留まる. このように, OF 内での移動の行動型にも系統の違いが見られ, それと上述の量的測面の系統差が, 遺伝子型の違いによることが多大であろうと推測される. しかし, 他の要因, たとえば, 刺激に対する感受性や反応性の遺伝子型の違いによる可能性もないとは言えないが, 本実験の範囲ではそれを明確にすることはできない.

次に, 通過区画数をのぞく全ての測度で, 群差, または, 群を含む交互作用が有意であった. これは, 養母交換が後の OFB に影響することを示している. しかし, その影響の仕方は一定していない. 洗顔数と毛づくろい数については, 非交換群の方が他の 2 群より多く, 養母交換が後の OF でのこれらの行動を抑制すると考えられる. しかし, 同系統養母群と異系統養母群に差がないので, 異なる系統の母親に育てられた効果と云うより, 出生直後の交換という手続そのものの効果と考える方が妥当と思われる. ところが, 後肢立ち数や排便数についての群差は, どのような効果であるか解釈しにくい. 後肢立ち数については, C3H 系は, 洗顔数や毛づくろい数と同じであるが, I20 系では, 同系統養母群が他の 2 群より多く, また, 排便数についても同系統養母群が他の 2 群より多い. このような群差についての結果は, OFB が, 養母の系統のそれと同じになることを全く示していない. したがって, OFB の系統差は, 本来, 母親行動の系統差であって, それが, 初期刺激づけに媒介されるという可能性は否定された. むしろ, 洗顔数や毛づくろい数のように, 異系統養母群と同系統養母群に差がなく, 非交換群とこの両群とに差があるという事実は, 異系統の養母に育てられることよりも, むしろ, 出生直後に母親を交換されることそれ自体, あるいは, その間接的影響であることを示している.

次に, 本実験では, 養母交換の時に, 1 匹の母親が育てる仔の数 (リッター数) を母親間で一定にせず, 出産時の数のままで離乳まで育てさせた. したがって, リッター数の違いについて統制されていない. 飽田 (1979) によると, リッター数の多い群 (8 匹) の方が, 少ない群 (2 匹) より, 洗顔数, 毛づくろい数, 排便数が少なく, 通過区画数や後肢立ち数には差がない. ところが, 平均的には, I20 系の産児数の方が C3H 系のそれより多い. したがって, 平均的な産児数で考えれば, 本実験の結果で, 洗顔数, 毛づくろい数が, I20 系の方が C3H 系より多かったのは, 飽田の結果と同じであるが, 排便については, 逆であった. さらに, 本実験で, 群差が見られたが, その差の方向が一定でなかった原因として, リッター数を統制していなかったことが考えられるので今後, この点の検討が必要と思われる.

最後に、行動遺伝学では、遺伝が環境かの問題を検討する方法の1つとして、総当り交雑法がある。本研究のように、行動に対する遺伝と環境の影響を問題とする時には、このような方法を用いた研究も必要と思われる。また、本実験では、母親行動そのものの観察をしていない。母親行動の影響を調べる場合、母親行動のどのような側面がどのようにしてなかに影響するかが問題となるので、母親行動の観察やその統制が必要であろう。

#### REFERENCES

- Van Abeelen J. H. F. 1966 Effects of genotype on mouse behavior. *Animal Behavior*, **14**, 218-225.
- 飯田宜子 1979 近交系マウスの飼育条件の差異が母親行動とその仔の成熟後の Open-Field 行動に及ぼす効果, *心理学研究*, **50**, 73-81.
- Archer J. 1973 Test for emotionality in rats and mice: A review, *Animal Behavior*, **21**, 205-235.
- 藤田 統 1973 動物の情動性の測定に関する諸問題. 東京教育大学教育学部紀要, **19**, 45-51.
- 藤田 統 1977 動物における初期経験の研究と問題点, 異常行動研究会編, 初期経験と初期行動, 第1章, 誠信書房, 東京
- Guttman R., Lieblich I., and Naftali G. 1969 Variation in activity scores and sequence in two inbred mouse strain their hybrid and backcross. *Animal Behavior*, **17**, 374-385.
- Hall C. S. 1934 Emotional behavior in rats I: Defecation and urination as measures in emotionality. *Journal of comparative and physiological Psychology*, **18**, 385-403.
- Russell P. A. 1971 "Infantile stimulation" in rodents: A consideration of possible mechanism. *Psychological Bulletin*, **75**, 192-202.
- 高橋 宗・牧野順四郎 1972 近交系マウスの活動性における多変量解析, 滋賀大学教育学部紀要, **22**, 41-54.

—1980年10月10日受稿—

---

**SAMMARY****Strain Differences of Open-Field Behavior in Mice and  
Effects of Fostering upon Them**

Masataka Hara

The University of Tsukuba

This experiment was designed to investigate strain differences and effects of fostering upon open-field behavior in 2 inbred strains mice. Subjects were C3H and I20 mice and were divided into 3 groups of 20 each (10 females and 10 males). They were a non-fostering group and 2 fostering groups. Two fostering groups were fostered to same or other strain foster mothers within 1 day after birth. About 8 weeks after birth, they were subjected 5 minutes open-field tests per day for 3 days. Open-field measures were number of sections crossed (ambulations), rearings, face washings, groomings and defecations. There were strain

differences in all open-field measures and this showed I20 strain was more active and high defecator than C3H strain. There were significant differences between groups in all measures except number of sections crossed. This result suggested early environments (maternal behavior?) influenced adult open-field behaviors. But because group differences were not same tendencies and because of no observations of maternal behaviors, these differences were not interpreted clearly. It is necessary to control litter size and to observe maternal behaviors in these study.