

高・低情動反応性系ラットの行動比較:3

—Vocalization と Defecation—

筑波大学心理学系

中村 則雄 藤田 統

情動反応性(emotional reactivity)とは、ある個体が、一定の情動刺激に対して、かなり一貫して、どの程度の閾値で、またはどの程度の強さで情動反応を現わすかという、情動反応に関する個体の特性を示すための構成概念であると考えられている(藤田, 1973; 中村ら, 1978)。

動物の情動反応性についての研究は、Hall (1934) 以来、主としてオープンフィールド(open field)を用いてなされてきた。そしてその際、オープンフィールドで排便量が多く、移動反応量の少ない個体ほど情動反応性が高いという主張がなされてきたが、Archer (1973)、藤田 (1973) は、このような解釈に対して疑問を投げかけている。藤田 (1973) によれば、オープンフィールドにおいて情動反応性そのものを、いわば表から測定していると考えられている排便量には信頼性という点で問題があるが、情動反応性を裏から測定している、つまり情動反応によって“抑制される反応”を測定していると考えられている移動反応量については、妥当性の点で特に問題がある。すなわち、オープンフィールドでは、移動反応を抑制する“すみ反応(freezing)”のような情動反応のみが生じているという保証はなく、測定される移動反応の中には、情動反応として刺激場面からの逃避反応が含まれているという可能性があるからである。したがって、このような逃避反応が移動反応として測定されないような場面でテストが行なわれなければならない。

一方、われわれが被験体として用いているラットは、元来、夜行性・穴居性の動物であって、広い所には出にくく、群をなして生活している。このことを考えると、ラットをオープンフィールドにいきなり投入する従来の方法は、ラットという種にとってはまったく反自然的な方法といわざるを得ない。このような点を考慮して、われわれは、ラットを地中の穴のように比較的安心感を与える場所に一定時間経過させた後に、走路へ通ずるドアを開くことで、新奇で明るくて広い場面に直面させるという方法によって、ラットが安全な場所にとどまることも、走路へ出ることも自由に行える場面を作り、移動反応に逃避反応が含まれないように工夫した(この情動反応性測定装置をランウェイと名づけ、その測定法をランウェイ・テストと称した、藤田, 1975)。

情動反応性は、前述のように個体差を示す概念であ

る。その個体差の原因としては、遺伝的要因と経験的要因が考えられるが、従来、経験(学習)の影響についての実験的研究に多くの労力がそそがれ、遺伝の影響についての実験的分析は比較的遅れている。一般に、動物の行動に及ぼす遺伝の影響について調べるには、選択交配(selective breeding)と近交系比較(inbred strain comparison)の方法を挙げることができ、ラットではマウスに比べて近交系が少ないこともあって、後者の研究は少ない。情動反応性に関する前者の代表的研究としては、Hall (1951) と Broadhurst (1960) がラットを用い、オープンフィールドにおける排便量を指標として行なった実験や、DeFries & Hegmann (1970) がマウスを用い、オープンフィールドでの移動反応量を指標として行なった実験などがある。しかし、これらはいずれも、オープンフィールドという情動反応性の測定装置としては、現在では最適とは考えられない装置を用いている。

以上の理由から、われわれは、1972年より情動反応性に関する遺伝的研究の第一歩として、ランウェイ・テストの通過区画数を指標としたラットの情動反応性の選択交配実験に着手した。そしてさらに、両系を近交系化することで、有益な研究素材を作り上げようと計画した。この選択交配は、1977年11月現在、第13世代(G_{13})に達し、高情動反応性系(H系)ラットと低情動反応性系(L系)ラットの分離はかなり進んできている(Fig. 1, 2)。くわしくは、Fujita et al. (1976)、藤田ら(1977)を参照されたい。

われわれは、選択交配がある程度進んだ段階から、こ

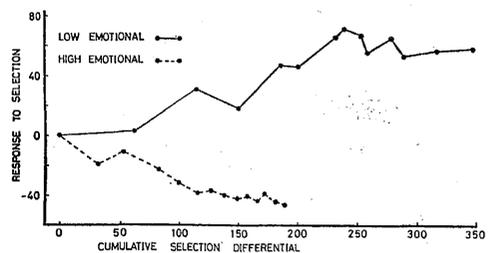


FIG. 1. Response to selection of the two lines plotted against the cumulative selection differentials (G_1 — G_{13}).

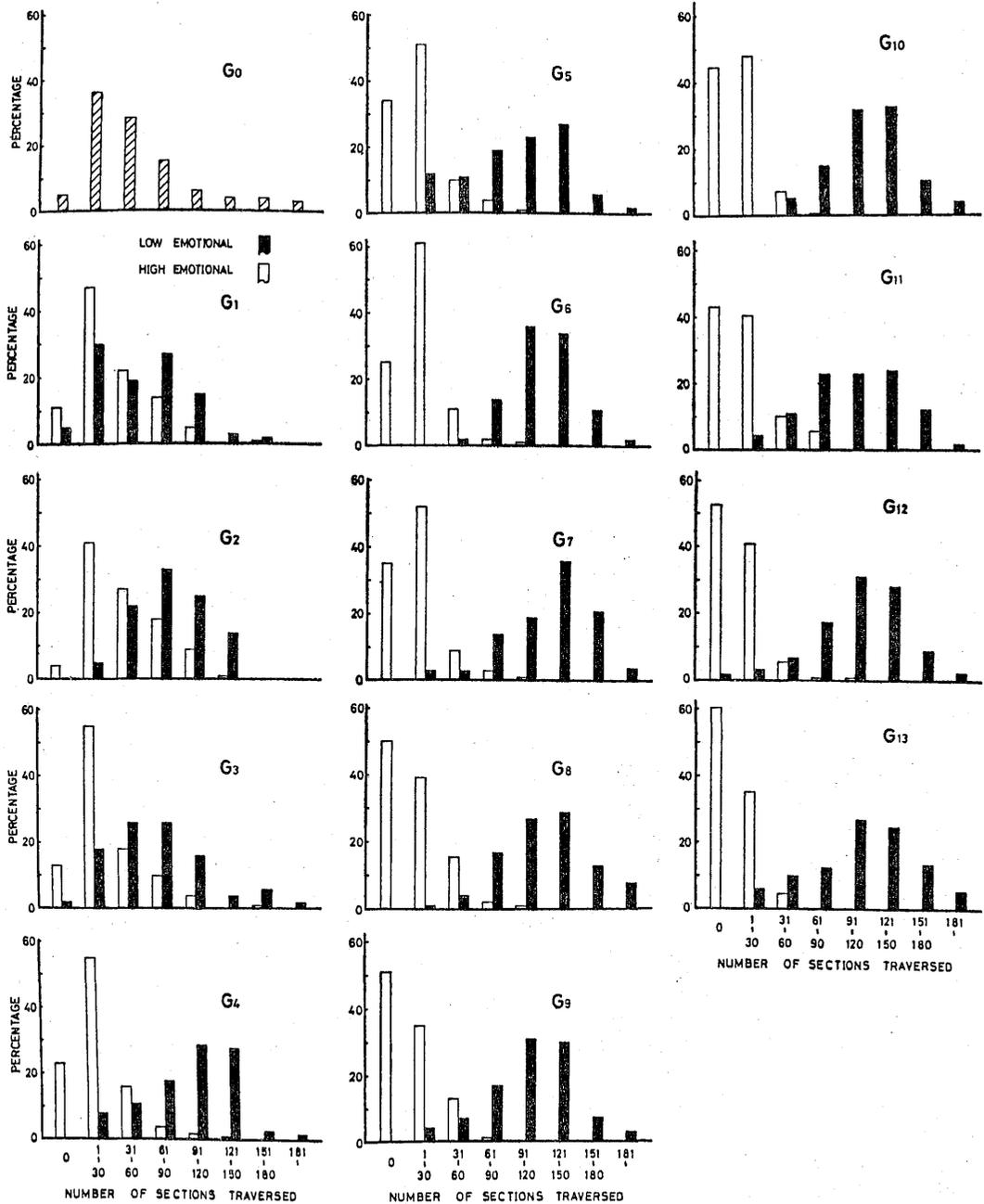


FIG. 2. The distribution of individual scores of the two lines (G₀—G₁₃).

うして得られた2つの系が、様々な行動、特に情動反応性と関連が深いと考えられている行動において、どのような特徴を有しているかを調べることにより、動物の情動行動を解明する手掛りを得ようとしてきた。これまで

に、home-cage activity (阿部ら, 1977), オープンフィールド行動と貯蔵行動 (中村ら, 1978) について報告してきたが、今回は、情動反応性の指標の1つであると考えられてきたストレス刺激に対する発声 (vocalization)

および排便数 (defecation) について、両系の比較を行なう。特に、排便数に関しては、情動場面ではないホーム・ケージでの数日間わたる排便数を測定し、これをランウェイ・テスト場面での結果と比較することによって、両系の特徴を明らかにしようと試みている。

方 法

被験体 選択交配実験に用いたアルビノ・ラットのうちから、発声に関しては、L系 777 匹 (G₈の♀37, ♂38; G₉の♀37, ♂33; G₁₀の♀41, ♂53; G₁₁の♀81, ♂97; G₁₂の♀82, ♂95; G₁₃の♀88, ♂95), H系 895 匹 (G₈の♀58, ♂72; G₉の♀52, ♂58; G₁₀の♀94, ♂84; G₁₁の♀77, ♂78; G₁₂の♀82, ♂65; G₁₃の♀85, ♂90) を用いた。排便数に関しては、L系 161 匹 (G₈の♀52, ♂39; G₉の♀37, ♂33), H系 232 匹 (G₈の♀54, ♂68; G₉の♀52, ♂58) を用いた。ただし、G₈では一部のラットは、どちらか一方の測定しかなされていない。

装置と手続き 8:00—20:00が明条件, 20:00—8:00が暗条件になるコイトロン内で飼育した。温度は24°C ± 1°Cの恒温に保たれている。発声の測定は、ランウェイ・テストの開始 (生後60日令) の1日ないし2日前に、体重測定後、個体識別のためにメチレンブルーを綿棒でラットの体につける際の発声について行なった。判定は、2人の実験者によってなされ、発声の有無に対して、それぞれ、1, 0の得点が与えられた。排便数については、G₈では、ランウェイ・テスト開始のほぼ5日前より、ホーム・ケージに集団飼育している3—6匹のラットをケージごとにとまとめて測定した。これは、選択交配実験の手続き上、被験体は 22×40×22cm の金属製の集団飼育ケージでテスト終了時まで維持する必要があったためである。そこで、G₉では、テスト終了後直ちに個体飼育ケージ (22×25×22cm) に移し、2—3日の順応期間をおいてから、個体ごとの測定を4日連続して行なった。この個体ごとの測定に用いた被験体は、各系♀, ♂それぞれ12匹ずつ計48匹であった。排便数は、各ケージごとに毎日一定時刻 (12:00—14:00) に糞受け皿をかえて、そこに貯っていた糞の個数を数えることによって測定された。なお、ランウェイ・テスト中におけるテスト場面 (1日5分間) での排便数も3日連続して測定した。

結 果

発声 G₈からG₁₃までの6世代において発声したラットの匹数と割合を、各系ごとに性別にして Table 1 に示した。Fig. 3は、発声したラットの割合を分かりやすくするために図示したものである。これらの比 (パーセント) を角変換し、系・性・世代を変動因として、Cochran

TABLE 1
Percentages of rats vocalized in G₈—G₁₃

Generation	L line		H line	
	♀	♂	♀	♂
8	73.0 (27/37)	52.6 (20/38)	82.8 (48/58)	61.1 (44/72)
9	54.1 (20/37)	24.2 (8/33)	90.4 (47/52)	56.9 (33/58)
10	70.7 (29/41)	22.6 (12/53)	61.7 (58/94)	26.2 (22/84)
11	71.6 (58/81)	35.1 (34/97)	87.0 (67/77)	52.6 (41/78)
12	68.3 (56/82)	21.1 (20/95)	80.5 (66/82)	46.2 (30/65)
13	67.1 (59/88)	30.5 (29/95)	57.6 (49/85)	22.2 (20/90)
Mean	68.0 (249/366)	29.9 (123/411)	74.8 (335/448)	42.5 (190/447)

の法により分散分析を行なったところ、系 ($\chi^2=23.62$, $df=1$, $p<.001$), 性 ($\chi^2=202.16$, $df=1$, $p<.001$), 世代 ($\chi^2=47.57$, $df=5$, $p<.001$), 系×世代 ($\chi^2=37.67$, $df=5$, $p<.001$) が有意であった。すなわち、系に関してはH系ラットの方が、性に関しては雌の方がよく発声することがわかった。ただし、世代によって発声する個体の割合は異なっており、H系ラットの方が世代による発声の割合の変化が大きいかもわかった。

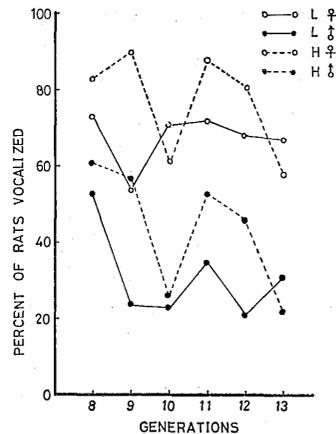


FIG. 3 Percentages of rats vocalized in G₈—G₁₃.

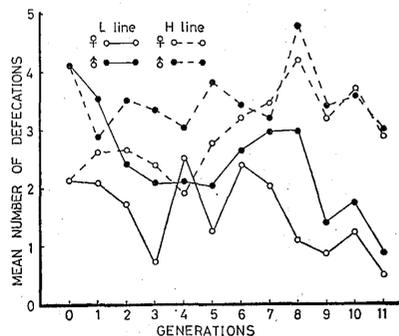


FIG. 4. Mean number of defecations of the two lines (G₀—G₁₁).

TABLE 2
Mean number of defecations of G_8
in the home cage

Line	Sex	N	Defecation
L	♀	52	44.6
	♂	39	46.0
H	♀	54	42.1
	♂	68	41.7

排便数 まず、テスト場面での排便数の傾向を知るために、 G_0 — G_{11} までの結果を Fig. 4 に示す。排便数は世代を重ねるにつれて、L系では減少、H系では増加の傾向を示し、特に G_8 以後における両系の差が顕著である。そこで、系・世代・性を変動因として分散分析したところ、系 ($F=104.21$, $df=1/2696$, $p<.01$) に有意差がみられ、H系の方がよく排便することが確められた。

次に、両系のホーム・ケージでの排便傾向を知るために、 G_8 において選択実験と並行して、集団飼育ケージにおける数匹の1日当りの糞の数をこみにして測定した。Table. 2 にその結果を示したが、ホーム・ケージにおいては、系に関しても、性に関しても、ほとんど差がなく、むしろL系の方が多かった。

そこで、個体ごとに測定した G_9 (48匹) の結果を Fig. 5 と Fig. 6 に示した。Fig. 5 は、ホーム・ケージにおける排便数を4日間にわたって測定したものである。系・性・日を変動因として分散分析したところ、系 ($F<1$, $df=1/44$)、性 ($F=1.96$, $df=1/44$, $p<.05$) には有意差が認められず、わずかに系×日 ($F=5.07$, $df=3/132$, $p<.01$) にのみ有意性があつた。Fig. 6 は、

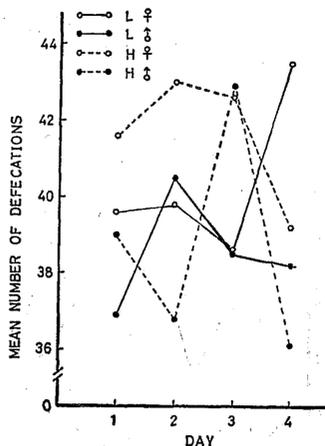


FIG. 5. Mean number of defecations of G_9 in the home cage.

これらのラットのランウェイ・テスト場面での3日間の排便数を示したものである。同様の分散分析を行なったところ、性 ($F<1$, $df=1/44$) には有意差がなかったが、系 ($F=3.41$, $df=1/44$, $p<.10$) には、H系の方が排便が多いという強い傾向が見られた。そこで、 G_9 に用いたすべてのラット (180匹) のランウェイ・テスト場面での排便数について、系・性を変動因として分散分析したところ、系 ($F=44.62$, $df=1/176$, $p<.01$) に有意差が得られ、H系の方が排便数が多かった。なお、前の世代である G_8 でも、ホーム・ケージでの排便数には差がなかったが、テスト場面では、系 ($F=30.35$, $df=1/203$, $p<.01$)、性 ($F=8.69$, $df=1/203$, $p<.01$) に有意差があり、H系の方が、また雄の方が排便数が多かった。

さらに、ホーム・ケージでの排便数を、ランウェイ・テストでの測定時間に相当する5分間当たりの数値に換算して、同一時間での排便数を比較してみた。その結果、ホーム・ケージで個体ごとに測定した G_9 では、L系、H系とも平均0.14であるのに対して、ランウェイ・テスト場面では、平均してL系0.60、H系0.97と著しく高くなっており、特にH系における増加が顕著であつた。

考 察

一般に、動物は、ストレス刺激を与えられると、特徴的な発声反応をすることが知られている。ラットでは、キー、キーといふかん高い、ときにはかすれた発声が生ずるが、このようなタイプの発声は、ホーム・ケージでは減少に起らない。選択交配実験では、以前から、体重測定後に個体識別のためにメチレンブルーをつけた綿棒でラットの体を強くこすると、発声する個体がかかなりい

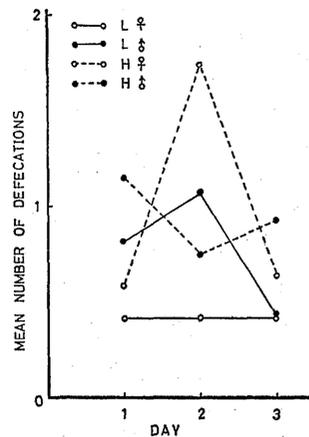


FIG. 6. Mean number of defecations of G_9 in the Runway Test.

ることがわかっていて、一方、そのようなストレス刺激に対する反応は、個体がもともと持っている情動反応性の程度によって異なることが十分推察される。本実験において、まずこの点について検討したところ、結果は、予想と全く一致した。すなわち、世代によって変動はみられるものの、H系の方がL系よりも発声反応が有意に多いことが確かめられた。

次に、排便数についてみると、ランウェイ・テスト場面では、ストレス刺激のほとんどない慣れたホーム・ケージ場面に比べて、ラットは4~7倍も多くの排便をすることがわかった。このことから、ランウェイ・テスト事態は、ラットにとって明らかに情動場面となっていたと考えられる。

さらに、このような情動場面に入れられると、もともとホーム・ケージでは排便数に差のなかった両系が異なる排便数を示すようになり、H系の方がL系より多くの排便をすることが確認された。

以上のことから、本研究結果からみれば、ランウェイ・テストの通過区画数を指標とした選択交配実験で得られたラットの2つの系は、明らかに情動反応性に関して分離してきたと考えることができるであろう。

われわれは、この2つの系を用いて、その後さらに多くの行動実験を重ねてきている。それらの研究によって、両系の情動反応性の差異はさらに明白になるものと考えられる。

引用文献

- 阿部 勲・藤田 統・中村則雄 1977 高・低情動反応性系ラットの行動比較——Home-cage Activity——東京教育大学教育学部紀要, 23, 61—66.
- Archer, J. 1973 Test for emotionality in rats and mice: A review. *Animal Behavior*, 21, 205—235.
- Broadhurst, P. L. 1960 Experiments in psychogenetics. In H. J. Eysenck (Ed.), *Experiments in personality, psychogenetics and psychopharmacology*. Vol. 1. London: Routledge and Kegan Paul. Pp. 3—102.
- DeFries, J. C., & Hegmann, J. P. 1970 Genetic analysis of open-field behavior. In G. Lindzey & D. D. Thiessen (Eds.), *Contribution to behavior-genetic analysis: The mouse as a prototype*. New York: Appleton-Century-Crofts. Pp. 23—56.
- 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 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——表現型変異と子—親回帰に基づく遺伝率推定値——心理学研究, 46, 281—292.
- Fujita, O., Abe, I., & Nakamura, N. 1976 Selection for high and low emotional reactivity based on the Runway Test in the rat: The first seven generations of selection. *The Hiroshima Forum for psychology*, 3, 57—62.
- 藤田 統・阿部 勲・中村則雄・宮本邦雄・鎌塚正雄 1977 Runway Test を指標としたラットの情動反応性の選択交配 (4) 日本心理学会第41回大会発表論文集, 398—399.
- Hall, C. S. 1934 Emotional behavior in the rat. 1: Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 18, 385—403.
- Hall, C. S. 1951 The genetics of behavior. In S. S. Stevens (Ed.), *Handbook of experimental psychology*. New York: John Wiley & son, Pp. 304—329.
- 中村則雄・阿部 勲・藤田 統 1978 高・低情動反応性系ラットの行動比較: 2——オープンフィールド行動と貯蔵行動 心理学研究, 49, 61—69.

—1978. 10.11 受稿—

SUMMARY**Behavioral Differences in the Rat Selected for High and Low
Emotional Reactivity : 3—Vocalization and Defecation**

Norio Nakamura & Osamu Fujita

The University of Tsukuba

Since 1972, Fujita has made the bidirectional selection experiment for high and low emotional reactivity in rats based on the ambulation in the Runway Test. These two lines have segregated as the selective breeding program progressed (Fig. 1) and the distributions of the lines barely overlap each other in the G_8 through G_{18} (Fig. 2).

The purpose of the present study is to investigate behavioral differences between rats of these two lines, in terms of vocalization and defecation which are considered as another measures of emotional reactivity.

Subjects were 2065 albino rats (1672 in the vocalization measurement; 393 in the defecation measurement) of six generations (G_8 — G_{18}). The presence of vocalization was measured when each subject was rubbed with the stick one or two days before the Runway Test. Defecation was measured

in the home cage for four consecutive days and in the Runway during 5 min. for three consecutive days.

Table 1 and Fig. 3 represent the percentages of the rats vocalized. It was found that the high emotional reactivity line (H line) vocalized significantly more than the low emotional reactivity line (L line). The rats of the two lines defecated in the Runway Test three or five times as much as in the home cage. Defecations in the home cage were not different between the two lines (Table 2, Fig. 5), but in the Runway Test the H line defecated more than the L line (Fig. 6).

These results consistently show that the H line is more emotionally reactive in the stressful situation than the L line. Therefore, it could be concluded that these two lines should segregate in the emotional reactivity.