

高・低情動反応性系ラットの行動比較:4

——初期経験の効果(その1) 高架式直線走路と水中直線遊泳路——

筑波大学心理学系

中村 則雄 藤田 統

われわれは、1972年以来アルビノ・ラットを用いて、ランウェイ・テストにおける通過区画数を指標とした情動反応性に関する選択交配実験を行ってきた。その結果、もともと1つの母集団に属していたラットが、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2系に分離してきた。本研究で用いた第12, 13世代(G₁₂, G₁₃)までの選択交配実験の経過を見ると、前報告(中村・藤田, 1979)の Fig. 1, Fig. 2 に示したように、両系の分離は、ほぼ限界に近づいていることがわかる。

われわれは、選択交配実験を続ける一方で、選択交配がある程度進んだ段階から、これら2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はじめた。こうすることによって、動物の情動行動を解明する手掛りを得ようと考えたからである。

これまで、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)、vocalization と defecation (中村・藤田, 1979) についての報告を行ってきた。これらの結果およびその他のデータから、高・低情動反応性系ラットは、選択基準であるランウェイでの通過区画数だけでなく、様々な場面で、特に情動場面において特徴的な行動パターンを示すことが明らかにされてきた。

このような行動パターンの差異は、選択交配に起因した遺伝的要因によって決定されていることは、明白である。しかし、一方では、L系の仔は常にL系の母親によって、H系の仔は常にH系の母親によって養育されてきたということを考えて、両系の差が、特性の異なる母親に養育されることで生じた後天的差異(母親効果の差異)の影響を受けている可能性も否定することができない。

Broadhurst (1961) は、Maudsley Reactive 系と Nonreactive 系を用いて、養母交換(cross-fostering)法に基づいた検討を行なっているが、同系の仔の養育に際しては実母を用いているので、系統の差異による効果と、単なる実母と養母の差異による効果を分離できなかった点に問題があった。そこで、われわれは、両系の仔をすべて養母に養育させるという方法を用いて、母親効果の要因を検討することにした。

さらに本実験では、幼児期ハンドリングの有無という要因を加えた。ラットにおける幼児期ハンドリングの情動反応性に対する影響については、藤田(1977)がまとめている。それによると、オープンフィールド・テストでは、46報告中38報告(83%)が移動反応量の増加を示している。また、排便に関しても、36報告中18報告(50%)が減少する結果となっており、増加するという報告はきわめて少ない。それ以外の測定法(反応評定法、摂水テスト、Y迷路での移動活動量、臆病さテスト)でも、情動反応性が低下するという報告が数多く示されている。そこで、遺伝的操作によって情動反応性に関して分離してきた両系に対する、このような環境要因の効果についても検討を加えることにした。

今回の報告は、これらの初期経験の効果をも調べた一連の研究の1つで、特に、厳しい情動場面と考えられている高架式直線走路と水中直線遊泳路におけるH・L両系の行動特徴を明らかにすると同時に、上述の環境要因の効果も合わせて検討した。

方 法

被験体 選択交配第12, 13世代のH系, L系ラットの第2仔で、H系12リター-78匹(♀44, ♂34), L系13リター-93匹(♀46, ♂47)を用いた。群構成を、Table 1 に示した。

装置 木製灰色のハンドリング用オープンフィールド。大きさは、50×50×15cmで、床面は25区画に区切られている。高架式直線走路は、木製灰色で、Fig. 1 に示したように、走路は5区画からなり、側面に高さ2cmの低い壁がとりつけてある。水中直線遊泳路は、Fig. 2 に

Table 1. Groups and number of subjects.

Line	Foster Mother	Number of Litters	Handling		Non Handling	
			♀	♂	♀	♂
L	L	7	11	13	14	14
	H	6	11	9	10	11
H	L	5	10	8	7	5
	H	7	12	11	15	10

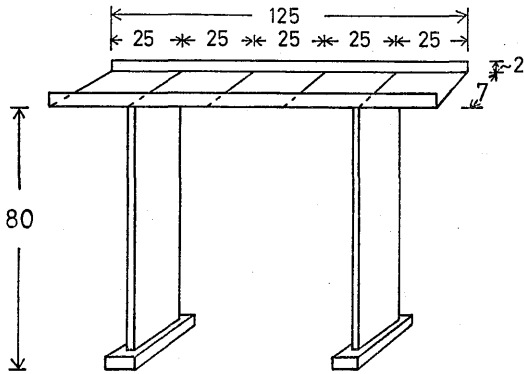


Fig. 1 Elevated straightway (unit : cm).

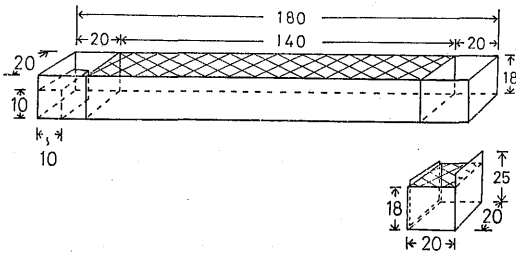


Fig. 2 Water straightway (unit : cm).

示した。20×180×18cmの closed runway で、走路部分の天井に網が張られ、出発箱ははめ込み式になっている。目標箱には、20×10×10cmの台が置かれており、ラットがこの台上に達すると、水面上に頭部を出して呼吸することができる。この装置は、水槽内に置かれ、網の天井が水面下約5～6cmになるようにセットされた。テスト時の水温は、21℃±2℃であった。

手続き 被験体はすべて出産の翌日(1日令)から、同系あるいは異系の養母に育てられた。リターの大きさは、原則として8匹(♀4, ♂4)とし、テストまでに4匹以下となったリターは実験から除外した。被験体の約半数は、1日令から離乳時(21日令)まで、オープンフィールドに毎日3分間放置された。この操作をハンドリングと呼ぶ。離乳後は、原則として、同一リターをまとめて1ケージで飼育した(1ケージ3～6匹)。飼育環境は8:00-20:00が明条件の12時間明暗サイクル、室温は24℃±2℃に保たれており、選択交配実験とほぼ同じ条件下におかれていた。生後60±2日にランウェイ・テストを3日間、70±5日にシェルター付オープンフィールド・テストを3日間行なった後、75±5日令で1日3分間、2日連続して高架式直線走路テストを行なった。被験体を5つの区画の中の中央区画に入れ、(1)出発

潜時(中央区画から出るまでの時間)、(2)ゴール潜時(端の区画へ入るまでの時間)、(3)落下潜時(走路から落下するまでの時間)、(4)通過区画数、(5)排便数、(6)排尿の有無、を測定した。高架式直線走路テスト終了の翌日から、水中直線遊泳路テストを1日3試行(1試行最大1分)、3日連続して行なった。被験体をはめ込み式の出発箱に入れて、水中直線遊泳路の出発部分にはめ込むと同時に、出発箱のギロチン・ドアを開け、(1)出発潜時(出発箱から出るまでの時間)、(2)ゴール潜時(目標箱に達するまでの時間)、を測定した。

結果

高架式直線走路

(1)出発潜時 本研究では、潜時のデータは、すべて対数変換した。出発潜時の結果を Fig. 3 に示す。2日間の合計値をもとにして、まず LLN 群と HHN 群、すなわち同系の養母に育てられハンドリングを受けなかった L 系と H 系を比較すると、L 系の潜時が有意に短かった($t=2.59, df=51, p<.02$)。次に、系・養母系・ハンドリング・性を変動因として分散分析したところ、系($F=36.50, df=1/155, p<.01$)、性($F=14.87, df=1/155, p<0.1$)に有意差がみられ、L 系の潜時が短

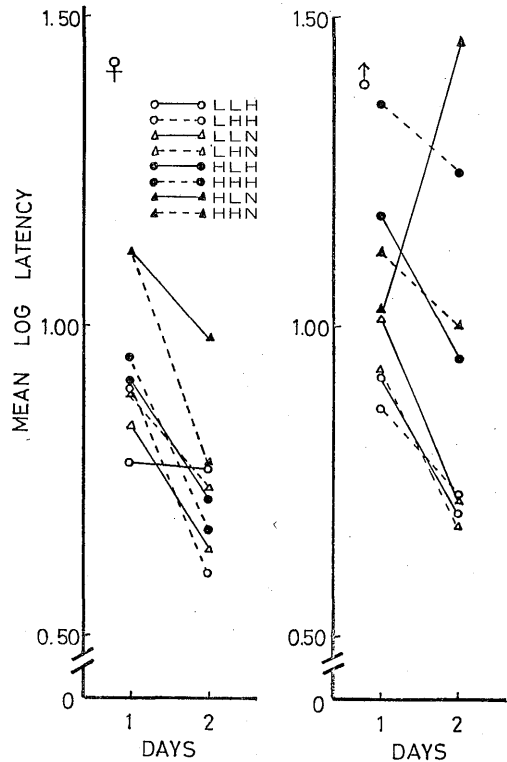


Fig. 3 Start latency in elevated straightway.

いこと、メスの潜時が短いことがわかった。系×性の交互作用も有意 ($F=7.13, df=1/155, p<.01$) で、オスの系差が大きかった。これは、H系のオスの潜時が特に長かったためである。養母系、ハンドリングの効果はなかった。また、日間の変化については分析していないが、減少する傾向にあった。

(2)ゴール潜時 後述するように、走路から落下したためにゴールに達しなかったラットがいたので、これについては分析しなかった。

(3)落下潜時 Fig. 4 にみられるように、LLN 群は、HHN 群よりはやく落下した ($t=5.76, df=51, p<.001$)。また、系・養母系・ハンドリング・性を変動因とした分散分析の結果からも、系に有意差が認められた ($F=94.26, df=1/155, p<.01$)。その他の要因に関しては、交互作用も含めて、どれも統計的に有意ではなかった。分析はしていないが、L系のラットは2日目の方がはやく落ちる傾向にあった。なお参考までに、落下した個体数を第1日目について調べてみた。その結果、LLN 群は28匹中19匹 (68%)、HHN 群は25匹中5匹 (20%) で、前者の方がよく落下した ($\chi^2=10.35, df=1, p<.005$)。全被験体に関しても、L系では93匹中67匹 (72%)、H系では78匹中12匹 (15%) で、L系の方が有意

に多くのラットが落下した ($\chi^2=52.53, df=1, p<.001$)。

(4)通過区画数 Fig. 5 に結果を示した。走路から落下した個体が多かったため、各テスト日の各個体の通過区画数を落下潜時で割ることによって、1秒当りの数値に変換して表わした。LLN 群の通過区画数は、HHN 群より多く ($t=7.80, df=51, p<.001$)、全体でみても、L系の通過区画数は、系・養母系・ハンドリング・性を変動因とした分散分析の結果から、H系に比べて有意に多かった ($F=107.86, df=1/155, p<.01$)。ここでも、養母系、ハンドリングの効果は認められなかった。

(5)排便数 2日間の排便数の合計値を平均して Table 2 に示したが、これをみると LLN 群は HHN 群に比べて排便数が少なく、全体的にみても、L系では93匹中1匹が排便1個を記録しただけで、全く排便しない傾向にあった。一方、H系では1群を除いて、どのラットも平均2個以上の排便を行なった。養母系の違いやハンドリングの有無という条件では、排便数はほとんど差のない傾向にあった。

(6)排尿 排尿の有無に関しては、Table 3 に示した。ここでは、2日間のうち少なくとも1回排尿した個体の数を、各群ごとに百分率で表わした。LLN 群は、HHN

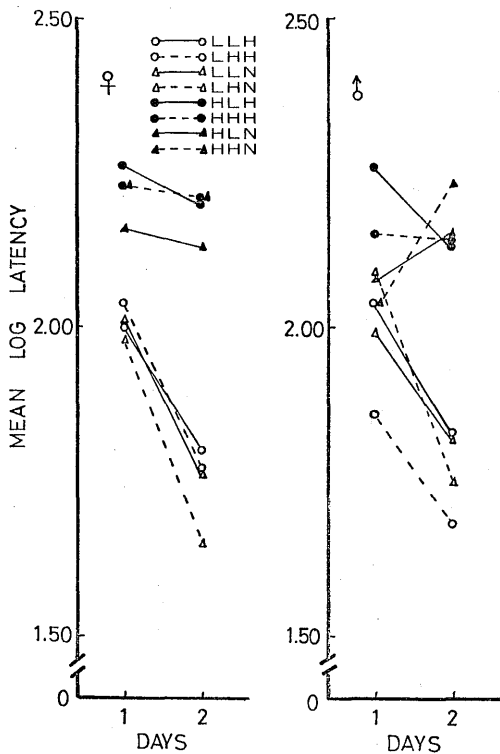


Fig. 4 Falling latency in elevated straightway.

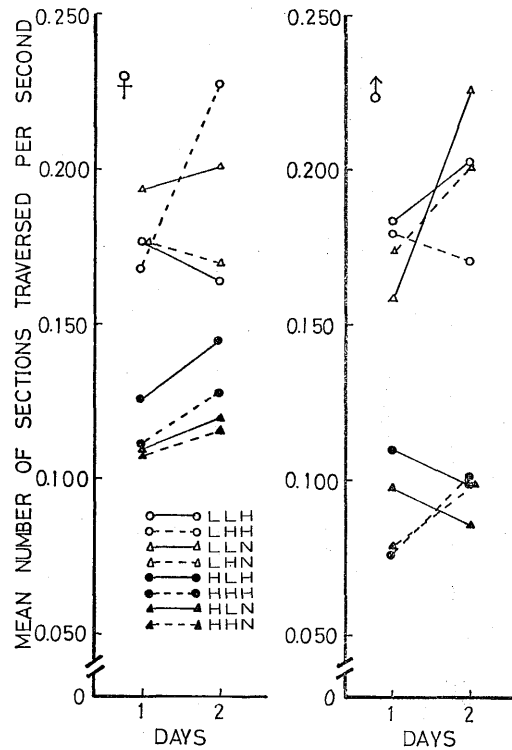


Fig. 5 Ambulation in elevated straightway.

Table 2 Mean number of defecations.

Line	Foster Mother	Handling		Non Handling	
		♀	♂	♀	♂
L	L	0.0	0.0	0.0	0.0
	H	0.0	0.0	0.0	0.1
H	L	2.6	2.0	2.6	0.8
	H	3.4	2.4	2.7	2.5

Table 3 Percentage of the urination.

Line	Foster Mother	Handling		Non Handling	
		♀	♂	♀	♂
L	L	18%	23	14	21
	H	9	11	10	18
H	L	40	50	71	60
	H	58	82	53	80

群より排尿が有意に少なかった ($\chi^2=9.91, df=1, p<.005$). また全体的にみても, L系では10~20%, H系

ではほぼ50%以上のラットが排尿したことになる。比(パーセント)を角変換し, 系・養母系・ハンドリング・性を変動因として Cochran の法により分散分析したところ, 系に有意差が認められ ($\chi^2=41.30, df=1, p<.001$), H系の方がよく排尿することが確かめられた。その他の要因は, 交互作用を含めて統計的に有意ではなかった。

水中直線遊泳路

(1) 出発潜時 出発箱を出るまでに要した時間を Fig. 6 に示した。LLN 群は, HHN 群より潜時が有意に短かった ($t=3.19, df=51, p<.01$)。全体的にも L 系の潜時が短く, これは, 系・養母系・ハンドリング・性を変動因とした分散分析の結果, 統計的に有意であった ($F=42.75, df=1/155, p<.01$)。ここでも, 養母系, ハンドリング, 性に関しては効果がなく, 系×ハンドリング×性にも有意性が認められた ($F=3.96, df=1/155, p<.05$)。日間では, 急速に減少する傾向がみられた。(2) ゴール潜時 結果を Fig. 7 に示した。出発潜時と同様の傾向がみられ, LLN 群は HHN 群より潜時が短かった ($t=3.71, df=51, p<.001$)。系・養母系・ハンドリング・性を変動因として分散分析したところ, 系 ($F=35.24, df=1/155, p<.01$), 性 ($F=5.06, df$

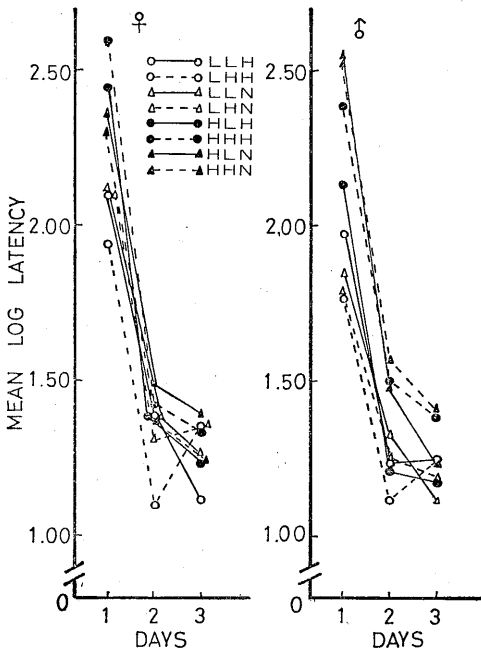


Fig. 6 Start latency in water straightway.

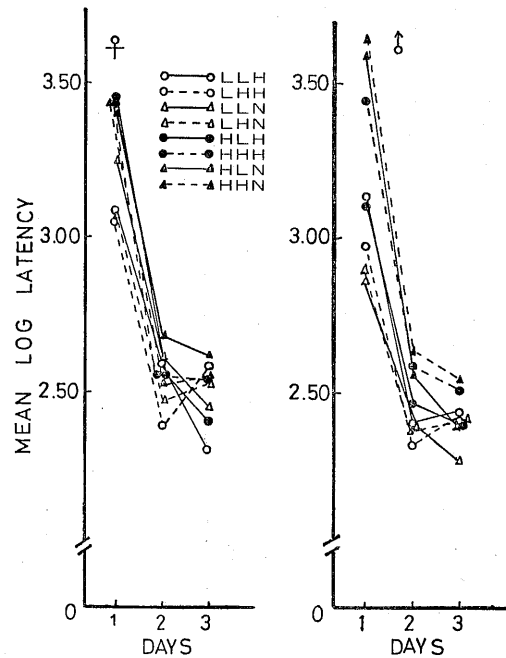


Fig. 7 Goal latency in water straightway.

=1/155, $p < .05$) に有意差が認められた。すなわち、L系の方が、またオスの方が潜時が短かった。次に日間の変化を調べるために、系・養母系・ハンドリング・日を変動因として分散分析したところ、メス、オスどちらにおいても日に有意差がみられた ($F=178.61$, $df=2/164$, $p < .01$; $F=166.67$, $df=2/146$, $p < .01$)。すなわち、日間で潜時が減少していること、特に1日目から2日目に急激な減少が生じていることがわかった。

考 察

本研究では、アルビノ・ラットにとってストレスの多い場面と考えられる高架式直線走路と水中直線遊泳路において、ランウェイ・テストで得られた高・低情動反応性系ラットがどのような行動様式を示すかをまず知ることが第1の目的であった。飼育環境の物理的制約のために、実母に育てられ、しかもハンドリングを受けなかったラット、すなわち何の操作も加えられない群を設けることができなかった。しかし、後述するように、養母系、ハンドリングの効果がほとんどみられなかったことを考慮すれば、実母ではないが、情動反応性に関しては実母とほとんど変りのない養母に育てられ、しかもハンドリングという操作を受けなかった群、すなわち LLN 群と HHN 群を比較することで、L系とH系の行動様式はかなり明らかにされると思われる。

高架式直線走路においては、LLN 群は、移動活動を開始するのがはやく、活発に動き回ると同時に走路より落下するケースが多かった。一方、HHN 群は、あまり動き回らず、移動行動自体も前肢を出して体を伸ばしてから後肢を引きずるように動かすことが多かった。HHN 群でも走路から落下する個体はいたが、観察によると、LLN 群の落下の様子は、下をのぞき込んでバランスを失なって落下するのに対して、HHN 群は、移動方向を変えたりするときに足を踏みはずして落下する個体が数匹いたにすぎなかった。飽田・藤田 (1977) は、H・L両系を用いて行動発達を調べているが、金網斜面テストでL系の方が早く降り、しかも下り斜面の途中で落下する個体が多いのに対して、H系はなかなか降りようとしないと報告しており、今回の結果もこれと一致している。排便数、および排尿の有無に関しても、これまでと同様、HHN 系の方が排便数が多く、排尿する個体も多かった。

水中直線遊泳路では、LLN 群の方が、出発箱から遊泳路に早く出て、目標箱にも早く達することがわかった。この差は、特に1日目に顕著に表われており、3日目になるとほとんど差がなくなっていた。また両群とも、1日目から2日目にかけて潜時が著しく減少していることから、両群とも、このような非常に厳しい場面で

は、急速に環境に適応していくことが確められた。

以上の結果から、L系は、情動場面でもかなり活発な行動を示し、排便・排尿をほとんどしないが、H系は、大部分の個体が排便・排尿し、行動が抑制されやすい傾向にあると考えられる。ただし、H系でも、生死に直接かかわるような水中直線遊泳路では、L系に比較するとやや遅いが、かなりの速さで行動し、学習した。つまり、H系は、受動的反応と能動的反応の両方とも可能な場面では、前者の反応様式を採用し、L系は後者の反応様式を採用するのではないかと思われる。

次に、このような両系の行動特性が、遺伝要因だけでなく、母親効果によって生じたのかどうか検討してみた。高架式直線走路、水中直線遊泳路のどの測度においても、養母系の効果がみられず、しかも系差がすべて上述の傾向と一致していたことから、明らかに母親の特性に依存していないことが確められた。

さらに、幼児期ハンドリングの効果も、水中直線遊泳路で系×ハンドリング×性に有意性が認められただけで、それ以外の測度では、主効果はもちろん交互作用としても統計的有意性がなかった。つまり、本実験で与えた程度の幼児期ハンドリングでは、遺伝的に分離した両系の行動特性は、何ら影響されないことが立証された。

したがって、結論としては、選択交配によって得られたこれら2つの情動反応性系ラットは、養母交換法による生育環境の違い、および本実験で与えた程度のハンドリングでは、成体時の行動に変化を生じなかった。つまり、両系に生じている分離は、遺伝的なものがかなり決定的であることが示唆された。

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.
- 飽田宣子・藤田 統 1977 高・低情動反応性系ラットの行動比較(7)針金の懸垂テストと金網斜面での行動発達 日本心理学会第41回大会発表論文集, 394—395.
- Broadhurst, P. L. 1961 Analysis of maternal effects in the inheritance of behaviour. *Animal Behaviour*, 9, 129—141.
- 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 基礎と臨床の心理学 1 初期経験と初期行動 誠信書房 pp. 3—59.
- 中村則雄・藤田 統 1979 高・低情動反応性系ラットの行動比較: 3——Vocalization と Defecation——筑波大学心理学研究, 1, 11—16.
- 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.

SUMMARY

Behavioral Differences in the Rat Selected for High and Low Emotional Reactivity : 4 — Effects of Early Experience (1) Elevated Straightway and Water Straightway —

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 and the distributions of the lines barely overlap each other in the G_8 through G_{13} .

The purpose of the present study is to investigate behavioral differences, postnatal maternal effects, and infantile handling effects between rats of these two lines, using elevated straightway and the water straightway which are considered to be very severe emotional situations.

Subjects were 171 albino rats of G_{12} and G_{13} (Table 1). Half of them were reared by the foster mothers of their own line, and the rest were reared by the foster mothers of the opposite line from the day after the birth to weaning. During the same period, half of each group were placed into the openfield ($50 \times 50 \times 15$ cm) for 3 min. each day. These were handling groups. At 75 days old, subjects were placed into the center section of the elevated straightway (Fig. 1) and tested for 3 min. for two consecutive days. In this test, we recorded the following six measures; (a) start latency, (b) goal latency, (c) falling latency, (d)

ambulation, (e) defecation, (f) urination. On the third day, subjects were tested in the water straightway (Fig. 2) and the following two measures were recorded; (a) start latency, (b) goal latency.

The results of the elevated straightway test were as follows: High emotional reactivity line (H line) showed significantly longer start latency (Fig. 3), longer falling latency (Fig. 4), less ambulation (Fig. 5), more defecation (Table 2), and more urination (Table 3) than low emotional reactivity line (L line). In the water straightway test, H line also showed significantly longer start latency (Fig. 6) and longer goal latency (Fig. 7) than L line, but these latencies decreased rapidly in both lines. Postnatal maternal effects and infantile handling effects were not significant in any measures.

In summary, the H line rats did not move about, but always eliminated in the emotional situation. On the other hand, the L line rats moved about actively and did not eliminate. These behavioral differences were not influenced by the postnatal maternal factors and the infantile handling experiences. Therefore, it would be concluded that the segregation between these two lines was produced by the genetic factors.