

## ランウェイ・テストを指標としたラットの 情動反応性の選択交配：2

——選択基準とその他の測度との関係——<sup>1</sup>

筑波大学心理学系

中村 則 雄<sup>2</sup>

情動反応性 (emotional reactivity) は遺伝と環境の交互作用によって規定されると考えられているが、これまでの研究の大部分は、環境要因の解明に向けられてきており、遺伝要因および遺伝と環境の交互作用を検討しようとした研究はほとんどなかった(藤田, 1977)。藤田らは、その主たる原因は、遺伝的に均一化された系統(近交系)がラットにおいて少ないこと、特に情動反応性の研究に適した系統が乏しいことにあると考えた。そこで1972年より、遺伝的に情動反応性の高い系統と低い系統を作りあげることが目的として、ラットの情動反応性に関する選択交配を開始した(藤田ら, 1980)。なお、情動反応性の測定にランウェイ・テストを用いた理由については、他の論文(藤田ら, 1980)を参照されたい。

選択交配実験は現在も続けられているが、それと並行して、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てきた(阿部ら, 1977; 中村ら, 1978; 中村・藤田, 1979, 1980)。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。その結果、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となってきた(藤田ら, 1980)。

一方、ランウェイ・テストそのものにおける両系の行動については、これまで通過区画数と排便数の結果しか報告してこなかった。そこで、選択がかなり進み、近交系の基準である20世代にも近づいてきた現在において、これまでの報告では触れてこなかったランウェイ・テ

ストにおけるその他の測度を分析し、それらの測度と選択基準として用いた通過区画数との関係を調べることは、両系の行動特性を明らかにするのに有用であると考えられる。

### 方 法

**被験体** 基礎集団は遺伝的にできる限りヘテロジェニックであることが望ましいので、2軒の動物商から別々に購入したウィスター系ラットと、研究室で飼育してきたウィスター系ラットを、無作為交雑した32組の雌雄から生まれた雌119匹、雄114匹の仔のうち、無作為に雌70匹、雄70匹を抽出して基礎集団とした。その後の選択第1世代(G1)から選択第18世代(G18)の被験体総数は、5150匹(1世代平均286.1匹)である。

**装置** 木製黒色のランウェイ(150×20×45cm)。出発箱と走路(A~Eの5区画が床に描いてある)の間に7×7cmのギロチン・ドアがある。出発箱はふた付きで、中が暗く、走路は明るい(85 lux)。

**手続き** 生後21日令で離乳し、系と関係なく1ケージ5匹(同性)でコイト・トロン内で飼育する。室温は24±1℃、照明は8:00—20:00が明の12時間交替の明暗サイクルであった。餌と水は自由に摂取できる。世代ごとに全ラットのテスト終了を待って選択交配を行なう必要から、生後60日令より1日5分間、3日連続してランウェイ・テストを行なう。暗い出発箱に30秒おいた後ギロチン・ドアを上げて、以下の6測度を測定する。(a)通過区画数、(b)のぞき潜時、(c)のぞき時間、(d)出発潜時、(e)E区画潜時、(f)排便数。なお、これ以外に、テスト前日(あるいは2日前)に行なうマークづけの際に、発声の有無を記録した。

**選択交配** 個体ごとに3日間の通過区画数を合計し、リター(litter)平均を算出する。L系(低情動反応性系)では平均値の高いリターから、H系(高情動反応性系)では平均値の低いリターから順次、次世代の親となる個体を選択する。次世代で測定された仔を実際に残した親の匹数は、L系で658匹(1世代平均36.6匹)、H系で756匹(1世代平均42.0匹)であった。交配は兄妹交配によ

1. 本研究は、日本心理学会第43回大会(1979)の報告に、その後のデータを加えてまとめたものである。
2. 本論文の執筆にあたって、御指導・御助言いただいた筑波大学心理学系藤田統教授、結果の整理の際に御援助下さった筑波大学大学院心理学研究科宮本邦雄、片山尊文、鎌塚正雄、加藤宏の諸氏に深く感謝いたします。

ったが、これは両系をなるべく早く近交系化することでその後の研究に役立つ材料として利用したかったからである。

結果

データは、発声をのぞいて、すべて3日間にわたって合計し、統計的処理を行なった。

通過区画数 選択基準である通過区画数の結果を Fig. 1 に示す。縦軸は、両系各世代の平均通過区画数に関する

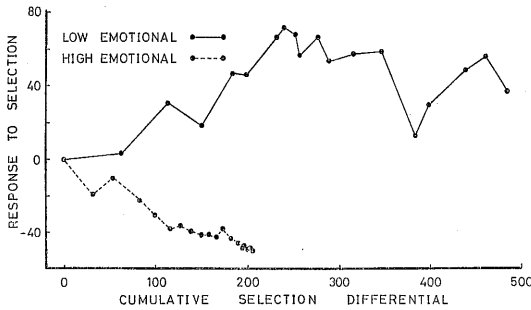


Fig. 1 Response to selection of two lines plotted as a function of the cumulative selection differential.

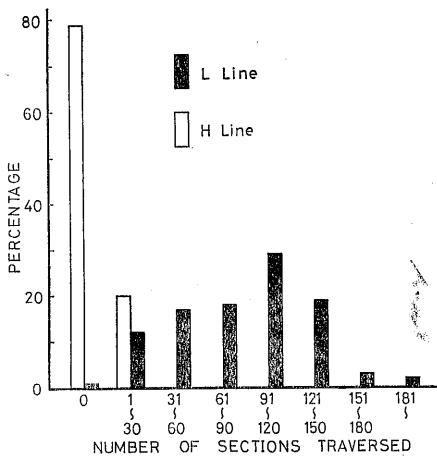


Fig. 2 The distribution of individual scores in the 18th generation.

る選択反応(基礎集団 G<sub>0</sub> の平均値との差)で、横軸は仔の数によって重みづけられた選択親の平均値と、それが属した集団平均値との差(選択偏差)を各世代ごとに加えたもの(累積選択偏差)である。この図から、選択世代を重ねるにつれて、両系が次第に反対方向に分離して行ったことがわかる。選択第18世代では、Fig. 2のように、H系のほぼ80%の個体が通過区画数ゼロで、L系との差が顕著であった。

次に、系・世代・性を変動因として分散分析したとこ

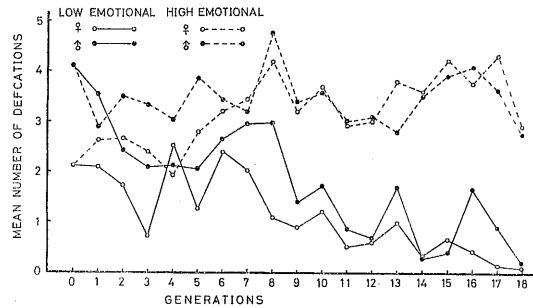


Fig. 3 Mean number of defecation for two lines in G<sub>0</sub>-G<sub>18</sub>.

ろ、系 (F=9934.27, df=1/5078, p<.01), 世代 (F=26.80, df=17/5078, p<.01), 性 (F=161.60, df=1/5078, p<.01), 系×世代 (F=54.55, df=17/5078, p<.01), 系×性 (F=48.22, df=1/5078, p<.01), 世代×性 (F=4.95, df=17/5078, p<.01) が有意であった。すなわち、L系の通過区画数が有意に多く、両系の選択速度に差があること、両系の変動が世代によって異なること、雌の方が通過区画数が多く、系、世代によって性差に強弱のあることがわかった。

排便数 Fig. 3 に示したように、各系各世代の平均排便数は世代を重ねるにつれて、L系では減少、H系では増加の傾向がみられた。分散分析の結果、系 (F=804.40, df=1/5078, p<.01), 世代 (F=9.89, df=17/5078, p<.01), 性 (F=37.46, df=1/5078, p<.01), 系×世代 (F=14.09, df=17/5078, p<.01), 系×性 (F=8.83, df=1/5078, p<.01), 世代×性 (F=2.50, df=17/5078, p<.01) が有意であった。L系の排便数が少ないこと、雌の方が排便しないことがわかった。さらに図を見ても明らかなように、選択初期では性差が著しかったが、世代が進むにつれて性差が減少し、系差が顕著になることが確められた。

発声 Fig. 4 は、発声した個体の割合を世代ごとに示したものである(発声は G<sub>8</sub> 以降に記録を開始した)。これらの比(パーセント)を角変換し、系・世代・性を変動因として、Cochran の法により分散分析したところ、系 (χ<sup>2</sup>=16.75, df=1, p<.001), 世代 (χ<sup>2</sup>=114.89, df=10, p<.001), 性 (χ<sup>2</sup>=398.54, df=1, p<.001), 系×世代 (χ<sup>2</sup>=77.95, df=10, 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したが、図から明らかなように、系差に比べて性差が目立っており、どの世代においても雌の方がよく発声することがわかった。また、世代によって発声する個体の割合は異なっており、世代の進行にともなう両系の変動にも差がみられた。

のぞき時間 出発箱から走路をのぞいていた時間を、Fig. 5 に示した。分散分析の結果、系 (F=735.19,

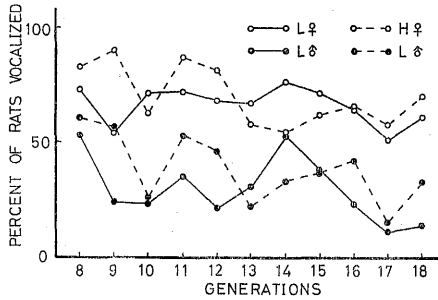


Fig. 4 Percentages of rats vocalized in G<sub>8</sub>-G<sub>18</sub>.

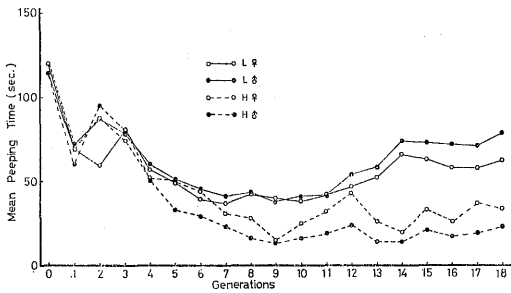


Fig. 5 Peeping time of two lines in G<sub>0</sub>-G<sub>18</sub>.

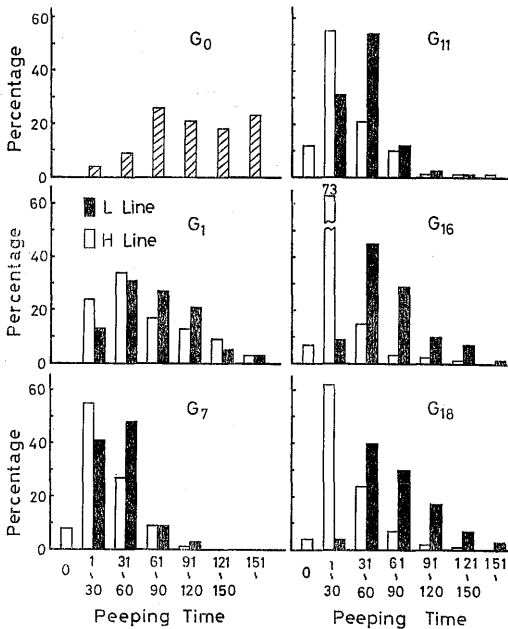


Fig. 6 The distribution of individual scores of peeping time.

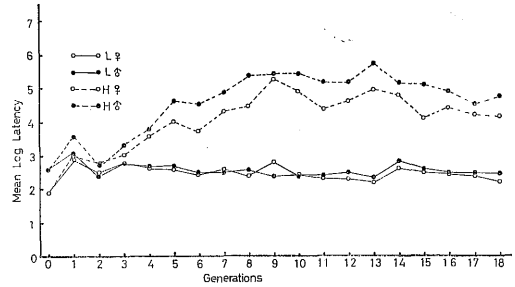


Fig. 7 Peeping latency of two lines in G<sub>0</sub>-G<sub>18</sub>.

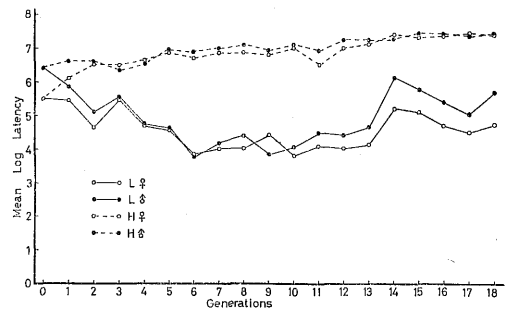


Fig. 8 Start latency of two lines in G<sub>0</sub>-G<sub>18</sub>.

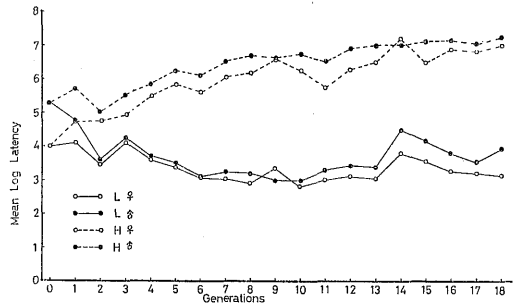


Fig. 9 E latency of two lines in G<sub>0</sub>-G<sub>18</sub>.

df=1/5078,  $p < .01$ ), 世代 ( $F = 94.70$ ,  $df = 17/5078$ ,  $p < .01$ ), 系×世代 ( $F = 31.73$ ,  $df = 17/5078$ ,  $p < .01$ ), 系×性 ( $F = 104.32$ ,  $df = 1/5078$ ,  $p < .01$ ), 世代×性 ( $F = 2.89$ ,  $df = 17/5078$ ,  $p < .01$ ) が有意であった。L系の方がのぞき時間が長いこと、世代が進むにつれていったん減少し、やがて増加する傾向にあること、H系の方が減少傾向が強いことがわかった。このことは、のぞき時間の分布を示した Fig. 6 から明らかである。また、性差は有意でなかったが、H系では雌がよくのぞくに対して、L系では雄の方がよくのぞく傾向があり、世代によって差に大小がみられることがわかった。

のぞき潜時・出発潜時・E区画潜時 のぞき潜時は、ギロチン・ドアが開いてから走路をはじめまでのぞきまでの時間で、その結果をFig. 7に示した。Fig. 8は、走路をはじめ出て出るまでに要した時間(出発潜時)、Fig. 9は、走路の一番遠い区画(E区画)に入るまでに要した時間(E区画潜時)を、それぞれ示したものである。これらの図は、非常に似通っており、分散分析の結果も、以下のように一致した傾向を示した。のぞき潜時に関しては、系( $F=3966.61$ ,  $df=1/5078$ ,  $p<.01$ ), 世代( $F=29.02$ ,  $df=17/5078$ ,  $p<.01$ ), 性( $F=100.64$ ,  $df=1/5078$ ,  $p<.01$ ), 系×世代( $F=43.86$ ,  $df=17/5078$ ,  $p<.01$ ), 系×性( $F=58.97$ ,  $df=1/5078$ ,  $p<.01$ ), 世代×性( $F=2.25$ ,  $df=17/5078$ ,  $p<.01$ )が有意であった。出発潜時では、系( $F=9394.77$ ,  $df=1/5078$ ,  $p<.01$ ), 世代( $F=32.47$ ,  $df=17/5078$ ,  $p<.01$ ), 性( $F=164.54$ ,  $df=1/5078$ ,  $p<.01$ ), 系×世代( $F=53.74$ ,  $df=17/5078$ ,  $p<.01$ ), 系×性( $F=4.16$ ,  $df=1/5078$ ,  $p<.05$ ), 世代×性( $F=2.77$ ,  $df=17/5078$ ,  $p<.01$ )が有意であった。E区画潜時についても、系( $F=7544.72$ ,  $df=1/5078$ ,  $p<.01$ ), 世代( $F=39.09$ ,  $df=17/5078$ ,  $p<.01$ ), 性( $F=80.65$ ,  $df=1/5078$ ,  $p<.01$ ), 系×世代( $F=39.04$ ,  $df=17/5078$ ,  $p<.01$ ), 系×性( $F=19.27$ ,  $df=1/5073$ ,  $p<.01$ ), 世代×性( $F=2.73$ ,  $df=17/5078$ ,  $p<.01$ )が有意であった。以上のことから、どの潜時に関しても、H系の方が長く、世代を重ねるにつれ増加し、雄の方が長いことがわかった。さらに、H系では潜時の増加傾向がみられるのに対し、L系では、のぞき潜時は変化しないが、他の2つの潜時で緩やかな減少傾向がみられた。また、のぞき潜時、出発潜時では、H系の性差が大であるのに対し、E区画潜時では、L系の性差が大であった。これらの性差には世代による変動もみられた。

通過区画数とその他の測度との関係 各測度における結果は上述のようであったが、ここでは、選択基準である通過区画数と、ランウェイ・テストにおけるその他の

Table 1 Correlations of ambulation with other measures.

		peeping time	peeping latency	start latency	E latency	defecation
G <sub>0</sub>	♀	-.257*	-.312**	-.664**	-.823**	-.077
	♂	-.007	-.286*	-.760**	-.786**	.098
G <sub>12</sub>	♀	.042	-.685**	-.877**	-.918**	-.447**
	♂	.269*	-.620**	-.647**	-.931**	-.450**
G <sub>18</sub>	♀	.333**	-.614**	-.900**	-.938**	-.591**
	♂	.287**	-.611**	-.897**	-.926**	-.475**

\*  $p<.05$  \*\*  $p<.01$

測度との関係を知るために、相関を調べてみた。その結果をTable 1に示した。基礎集団では、通過区画数と各潜時との間の相関も雌雄どちらにおいても有意であり、のぞき時間との相関も雌で有意であったが、排便数、および雄ののぞき時間との間には有意な相関が得られなかった。ところが、選択が進むにつれて、排便数、のぞき時間との間にも雌雄ともに有意な相関がみられるようになった。さらに、相関係数の値も、世代が進むほど大きくなっていることがわかった。また、のぞき時間との間に有意な正の相関がみられるほかは、すべて負の相関であった。

### 考 察

情動反応性に関して選択交配されたラットは、選択基準であるランウェイ・テストでの通過区画数に関して、選択が進むにつれて反対方向に分離していった。この傾向は、第7世代(G<sub>7</sub>)まで急速に進行したが、その後選択反応の“のび”が停止し、選択偏差も減少している。このことは、両系の分離がほぼ極限に達していることを示している。特に、通過区画数ゼロの方向に選択されてきたH系で、この傾向が顕著である。第18世代の個体得点分布をみても、両系の重なりがわずかになってきていることがわかる。

L系の選択反応は、G<sub>13</sub>とG<sub>14</sub>の間で減少した。G<sub>13</sub>は東京教育大学で測定され、筑波大学へ移されてから交配され、G<sub>14</sub>は筑波大学で生まれている。この減少は、この間の経過の何かが原因となっていると思われるが、それ以上は不明である。しかし、この反応減少も、その後の世代でかなり回復している。

排便数は、世代が進むにつれて、L系で減少、H系で増加を示した。選択は排便数とは関係なくなされ、たしかに、基礎集団では、通過区画数と排便数の間に相関がみられなかった。しかし、G<sub>12</sub>, G<sub>18</sub>では負の有意な相関が認められた。このように、選択基準でない排便数が選択が進むにつれて通過区画数と負の相関関係を持つようになったことは、両者の間に遺伝相関があることを示唆している(藤田ら, 1979a)。

排便数の性差は、当初顕著であったが、選択が進むにつれて減少し、やがて消失してしまった。Gray(1971)は、選択交配あるいはインブリーディング(inbreeding)によって、オープン・フィールドの排便数にみられる通常の性差が減少、消失あるいは逆転することを示唆しており、本研究結果もこれと一致している。

発声に関しては、H系の方が多く、雄より雌の方がよく発声するという結果が得られた。これは以前の報告(中村・藤田, 1979)と同様であったが、本研究から系差よりむしろ性差が著しいことが分った。ストレス刺激に対して雌の方が発声反応をよくするという事実は、性に

特異的な恐怖反応のパターンがあるという Archer (1975) の主張と関連づけられるかも知れない。

のぞき時間における系差は、G<sub>7</sub>以降において顕著にみられ、L系の方が長かった。通過区画数との相関をみても、G<sub>0</sub>では負あるいは無相関であったのが、G<sub>12</sub>、G<sub>18</sub>と進むにつれて正の相関が得られたことは、この事実を反映している。しかし、これは単に通過区画数が多いとのぞき時間が長くなるということを示しているわけではない。というのも、H系では雌ののぞき時間が長い、L系では雄の方がのぞき時間が長かったからである。G<sub>18</sub>では有意な正の相関が得られているが、これは系をこみにして相関をとっていたためである。のぞき時間についても1つ不可解なのは、L系において減少した後再び増加を示したことである。これらの点については現在のところ十分な説明ができない。

最後に、のぞき潜時、出発潜時、E区画潜時の結果は、ほとんど同じ傾向を示していた。H系の潜時の方が長く、両系の分離は、通過区画数と同様、選択の初期からはじまっていた。これらの潜時と通過区画数の相関は、すでに基礎集団において有意であった。潜時が短いほど走路に出て動きまわるという事実は、ランウェイ装置の構造を考えると当然であり、世代が進むにつれて相関関係が強まったことは、両系の分離が進行したことを反映していると思われる。

以上のように様々な測度を通してH系、L系を調べてみると、選択がかなり進んだ時点では、選択基準の通過区画数以外の測度においても分離が認められた。H系は、L系に比べて、排便数、発声が多く、のぞき潜時、出発潜時、E区画潜時が長かった。これらの測度は、これまで多くの研究者によって情動反応性の測度として用いられてきたものであり、本研究で得られた差の方向は、ランウェイ・テストの通過区画数を選択基準として行なってきた選択交配において、まさしく、H系の情動反応性が高く、L系の情動反応性が低いことを支持するものであるといつてよいであろう。

## 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. 1975 Rodent sex differences in emotional and related behaviour. *Behavioral Biology*, 14, 451-479.
- 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)基礎と臨床の心理学 I 初期経験と初期行動 誠信書房 pp. 3-59.
- 藤田統・原正隆・中村則雄・宮本邦雄・片山尊文・鎌塚正雄 1979a Runway Test を指標としたラットの情動反応性の選択交配(5)——選択基準とその他の測度との関係について(その1)—— 日本心理学会第43回大会発表論文集, 391.
- 藤田統・原正隆・中村則雄・宮本邦雄・片山尊文・鎌塚正雄 1979b Runway Test を指標としたラットの情動反応性の選択交配(6)——選択基準とその他の測度との関係について(その2)—— 日本心理学会第43回大会発表論文集, 392.
- 藤田統・中村則雄・宮本邦雄・片山尊文・鎌塚正雄・加藤宏 1980 選択交配により作られた高・低情動反応性系ラットの行動比較 筑波大学心理学研究, 2, 19-31.
- Gray, J. A. 1971 Sex differences in emotional behaviour in mammals including man: Endocrine bases. *Acta Psychologica*, 35, 29-46.
- 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.
- 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・藤田統 1980 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—— 筑波大学心理学研究, 2, 13-18.

## SUMMARY

### Selection for High and Low Emotional Reactivity Based on the Runway Test in the Rat : 2

—Relationships Between Selection Criterion and Other Measures—

Norio Nakamura  
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 selective breeding program progressed and the distributions of the lines barely overlap each other in the  $G_8$  through  $G_{18}$ .

The purpose of the present study is to investigate the relationships between the selection criterion (ambulation) and other measures of the Runway Test.

Subjects were 5290 albino rats of  $G_0$ - $G_{18}$ . At 60 days of age, rats of all generations began their sequence of a 5 minutes test on each of 3 successive days. Each subject was placed in a dark starting box for 30 seconds and then a guillotine door was opened at the start of the test period. The following measures were recorded ; (a) ambulation, (b) defecation, (c) peeping time (which was measured when the subject peeped the runway through the hole of the starting box), (d) peeping latency, (e) start latency, (f) E latency (the time required until the subject entered the E section which was the end of the runway). For each measure, the total score of 3 days was used as each subject's score. In addition, the presence of vocalization

was measured when each subject was rubbed with the stick one or two days before the test.

The result was that high and low emotional reactivity lines (H and L lines) have segregated in these measures as the selective program progressed. H line showed significantly more defecation and vocalization, and longer peeping latency, start latency and E latency, but less peeping time than L line. The correlation between ambulation and defecation was not significant in  $G_0$ , but it became significantly negative in  $G_{12}$  and  $G_{18}$ . Therefore, it is suggested that there is a genetic correlation between these two measures. The correlations between ambulation and three latency measures were significantly negative in  $G_0$ ,  $G_{12}$ , and  $G_{18}$ . This fact is probably due to the feature of the structure of the Runway Test apparatus. The relationship between ambulation and peeping time was complex and more data are needed on this point. These measures used in this study have been considered as indices of the emotional reactivity by many investigators. All of the differences in these measures indicate that H and L lines based on the ambulation scores in the Runway Test are really the high and low emotional reactivity lines.