

「強制場面」と「強制—自由場面」 におけるラットの行動の比較

筑波大学大学院 (博) 心理学研究科 北岡 明佳

筑波大学心理学系 藤田 統

Comparison of the behaviors of rats between forced and in forced-free situations

Akiyoshi Kitaoka and Osamu Fujita (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Tsukuba 305, Japan*)

Sixty-four Wistar-Imamichi rats were experimented in open-field test (forced situation) and in open-field-with-a-small-compartment test (forced-free situation). In the anterior 4 days, ambulation score in forced-free situation was lower than in forced situation, but there was no difference in the posterior 4 days. Rather, sexual difference of ambulation was prominent (♀ > ♂). Principal component analysis abstracted 4 components: "activity", "troglodyticity", "low emotionality", and "defecation". Difference of ambulation between these situations may be due to "troglodyticity" (=cave dwellingness). The rats who had high score of troglodyticity stayed long in the small compartment which resembled a cave, and so ambulated less. Forced-free situation resembled rather free situation.

Key words: free situation, forced-free situation, forced situation, open-field test, principal component analysis, rats, troglodyticity, Wistar-Imamichi rats.

Hall(1934)に始まる情動性を測定するためのオープン・フィールド・テストは、逃げ場のない、明るく開けた空間にラットやマウスなどの被験体を強制的に投入して、その諸活動を観察・記録するものである。そのため、オープン・フィールド・テストは「強制場面(forced situation)」と呼ばれる(藤田, 1975 a; Welker, 1957, 1959)。それに対して、オープン・フィールドに暗い小部屋または飼育ケージを接続し、被験体が好きなときにオープン・フィールドに出ていけるようにしたテストは、「自由場面(free situation)」と呼ばれる。よく用いられる自由場面の例としては、ランウェイ・テスト(藤田, 1975 b)がある。

ところで、強制場面においては、被験体は不安のあまり場面から逃避しようとして装置内を走り回る可能性(情動的逃避反応)がある。そのため強制場面における移動活動量が多いほど被験体の情動性が低いとすることの妥当性は問題とされ(Archer,

1973; 藤田, 1973, 1975 a), 例えば藤田(1975 b)は、自由場面であるランウェイ・テストの移動活動量の方が情動性の指標として妥当だと考えた。実際、強制場面においては自由場面よりも移動活動量が多く(藤田, 1975 a; Hayes, 1960; Miyamoto & Fujita, 1981; Welker, 1957, 1959), これは情動的逃避反応の表われと解釈される。

これまで強制場面と自由場面の比較を行なった先行研究においては、被験体を自由場面の小部屋にまず投入し、オープン・フィールド部とを仕切っていたギロチン・ドアを上げ、被験体が自由に出て行けるようにしてから、測定を開始した。しかし、強制場面においては、被験体はオープン・フィールドに直接投入されるのであるから、投入場所をコントロールするためには、自由場面においても被験体をオープン・フィールド部に投入する場合を検討してみる必要がある。

そこで、本研究の小部屋付きオープン・フィール

ド・テストでは、被験体をオープン・フィールド部に投入して測定を開始した。この手続きによる小部屋付きオープン・フィールド・テストは厳密に言えば自由場面ではなく、「強制—自由場面」（被験体の投入時は強制場面、被験体が小部屋に入ってから自由場面）（藤田, 1988）と呼ばれるのが妥当であろうが、自由場面および強制場面に関する先行研究の結果と比較することで新しい情報が得られるものと思われる。なお、「強制—自由場面」としては藤田（1988）のシェルター付きオープン・フィールド・テストがあるが、ここでのラットの行動は比較的自由場面に近かった。

さらに、従来、オープン・フィールド・テスト内の各測度間の構造を知るために多変量解析が行われてきたが、（因子分析：牧野(1973), 牧野・藤田(1971), Whimbe & Denenberg(1967); クラスタ分析：藤田・阿部(1977)), 本研究においても、「強制場面」と「強制—自由場面」の場面内・場面間の構造を知るために、多変量解析を行なうこととした。本研究では多変量解析として主成分分析 (principal component analysis) を選んだ。

方 法

被験体 動物商から購入したWistar-Imamichi系ラットの♀・♂それぞれ32匹、計64匹用いた。実験開始日に60~70日齢であった。

装置 オープン・フィールドと小部屋付きオープン・フィールドを用いた。オープン・フィールドは木製で、大きさは90×90×30(H)cmで灰色に塗られている。オープン・フィールド中心部の明るさは約160ルクスであった。小部屋は20(L)×12(W)×30(H)cmの大きさで、オープン・フィールドとは12×15(H)cmの通り穴で接続している。

小部屋の天井を板で覆って暗くした（約10ルクス）。30cmおきに線を引いて、オープン・フィールドを9区画に等分した。小部屋付きオープン・フィールドでは、小部屋も1区画と数えた。

手続き ラットを2群に分け、1群♀16匹♂16匹とした。第1群 (TYPE 1) はオープン・フィールド・テスト (OF) を1日5分4日連続行なったあと、小部屋付きオープン・フィールド・テスト (OFSC) を1日5分4日連続行なった。第2群 (TYPE 2) はその反対にOFSCを4日行なった後、OFを4日行なった。

OFは、四角の1辺の側に座った実験者から見て左下にある隅の区画にラットを投入することで開始し、他の区画に初めて移動するまでの時間（出発潜

時）と実験時間内に進入した区画を記録した。脱糞数も記録した。OFSCは小部屋を実験者から見て左の辺に設置し、左下の区画にラットを投入し、出発潜時と小部屋への進入潜時および小部屋からの出現潜時も記録した。

結果と考察

移動活動量 区画間移動数を移動活動量とした。

Fig. 1に移動活動量を示した。図から明らかに後半4日の移動活動量が多く、込みにして分析することは妥当でないと考え、まず前半4日だけのデータを分散分析（実験装置×性×日）した。

その結果、移動活動量は、OFSCよりもOFの方が多く ($F=9.88, df=1/60, p<.01$)、従来の研究結果に一致した。また、♂より♀の方が多く移動し ($F=50.00, df=1/60, p<.01$)、交互作用「実験装置×性」にも有意差が見られ ($F=5.68, df=1/60, p<.05$)、♀はOFでよく活動したが ($F=15.27, df=1/30, p<.01$)、♂は装置による差を示さなかった。

「日」に有意差が見られたが ($F=3.77, df=3/180, p<.05$)、これは1日目の移動活動量が少なかったことを反映している。交互作用「実験装置×日」に有意差がなかったため、本研究では、OFは日間減少、OFSCでは日間増加という従来の結果（藤田, 1975 a）とは対応しなかった。

後半4日について同様に分散分析したところ、実験装置間では差はなかった。これはラットが場面に

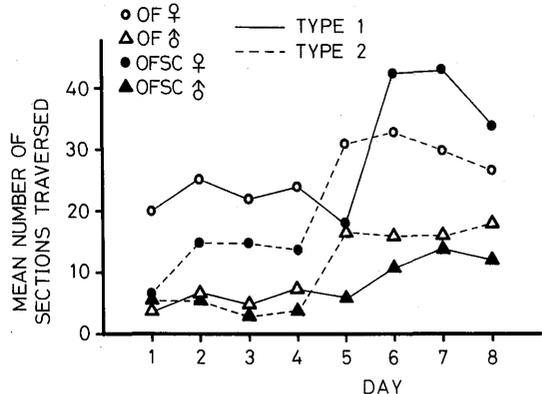


Fig. 1 Ambulation scores (mean number of sections traversed) in consecutive eight days. Subjects of TYPE1 were experimented in open-field test in anterior 4 days and in open-field-with-a-small-compartment test in posterior 4 days. Subjects of TYPE2 were reversed.

Table 1 Defecation score (mean number of fecal boli) in consecutive eight days.

	1	2	3	4	5	6	7	8 (DAY)
TYPE1 ♀	0.00	0.13	0.06	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
TYPE1 ♂	1.06	1.06	0.81	1.13	0.81	0.44	0.13	0.31
TYPE2 ♀	0.19	0.00	0.06	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
TYPE2 ♂	0.44	0.19	0.00	0.00	0.56	0.00	0.13	0.06

Table 2 Ambulation in the central section (mean number of intrusions into central section).

	1	2	3	4	5	6	7	8 (DAY)
TYPE1 ♀	0.63	0.06	0.13	0.25	0.19	0.63	0.38	0.56
TYPE1 ♂	0.06	0.00	0.19	0.06	0.00	0.00	0.13	0.00
TYPE2 ♀	0.00	0.00	0.06	0.00	0.13	0.19	0.38	0.13
TYPE2 ♂	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06	0.13	0.25	0.19

馴れ, そのため情動反応が少なくなったためと考えられる. 前半と同じく♀の方が活動的であった ($F=38.30, df=1/60, p<.01$).

♂に8日連続移動活動量がゼロであった個体が4匹 (TYPE1: 3匹, TYPE2: 1匹) いた.

脱糞数 脱糞はあまり見られなかった (Table 1).

出発潜時 Fig. 2に出発潜時 (単位: log s) を示した (移動活動量がゼロの時は $\log 300=2.48$). 前半4日について移動活動量と同様に分析した.

OFSCに投入されたラットが早く動き出した ($F=25.89, df=1/60, p<.01$). また, 日を追って出発潜時は短縮し ($F=8.85, df=3/180, p<.01$), ♀は♂より短かかった ($F=28.42, df=1/60, p<.01$). そのほか「実験装置×性」に有意差があり ($F=8.46, df=1/60, p<.01$). OFにおいては♀が早く動き出すが ($F=33.95, df=1/30, p<.01$), OFSCでは性差はなかった.

興味深いことに, 「実験装置×日」に有意差が見られ ($F=4.08, df=3/180, p<.01$), OFにおいては出発潜時はほとんど短縮しなかったが, OFSCでは日を追って短くなった. しかも, 5日目に実験装置を交換してからは, TYPE1も急速に出発潜時が短縮したことから, 小部屋が強化子 (reinforcer) となって早く動き出すようになったと考えられる.

4日目までOFSCを行なったTYPE2は, OFである5日目もさらに出発潜時を短縮させているが, 6日目以降は出発潜時は初期のレベルにまで戻った. このことも, 「小部屋=強化子説」を支持する.

小部屋への進入潜時 (OFSC) Fig. 3に小部屋への進入潜時 (単位: log s) を示した (進入しなかつ

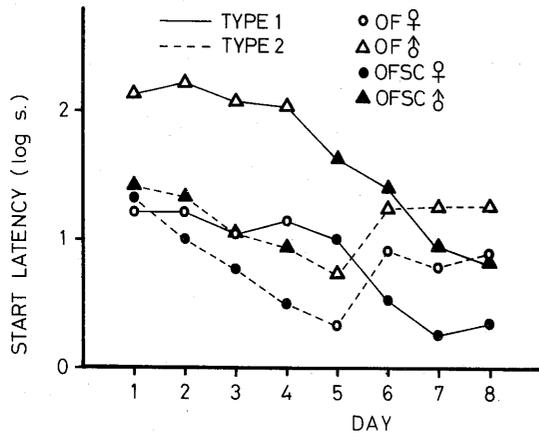


Fig. 2 Start latency (latency when a subject first entered the neighbored section).

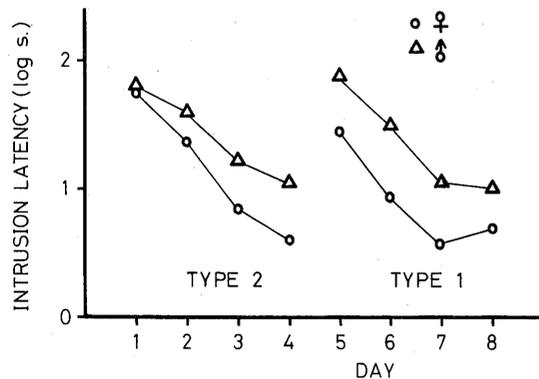


Fig. 3 First intrusion latency into the small compartment.

ルド部に長く出るようになるというわけではなく、小部屋の滞在時間と情動反応は対応しないようだ。

この測度においては、性差は見られなかった。

中心区画進入回数 オープン・フィールドの中心の区画 (30×30 cm) に進入した回数をTable 2 に示した。あまり進入はなかった。

次に、これらのデータをもとにして主成分分析を行ない、OFとOFSCの潜在的構造を探索した。

用いたデータは、OFの移動活動量 (4日分合計：以下同じ)、脱糞数、出発潜時、中心区画進入回数と、OFSCの移動活動量、脱糞数、出発潜時、中心区画進入回数、小部屋への進入潜時、小部屋からの出現潜時、小部屋における滞在時間の11項目とした。Table 3にはこれらの項目の相関行列を示した。この相関行列をもとに主成分分析を行い、固有値 (Eigen value) の大きい順に4個の成分を抽出したところで全分散の80%以上を説明できたので、分析は4つで打ち切った。Table 4には各成分の各項目に対する負荷量を示した。

成分1は全項目に高い負荷を持つ。成分1が大きいことは、移動活動量が多く、出発潜時・進入潜時・出現潜時が短く、中心区画へよく進入したことを意味するから、成分1は「活動性」と呼ぶのが良いだろう。

成分2はOFSCに特有の成分で、成分2が大きいことは、一度小部屋に入るとなかなかオープン・フィールド部に出現せず、小部屋における滞在時間が長く、そのためOFSCの移動活動量と中心区画進入回数が少なくなることを意味する。小部屋を好み閉じ込めているということから、「穴居性」または「自閉性」とも命名できるし、「情動反応の多さ」という見方もできる。

成分3はOFの項目に偏った成分で、成分3が大きいことは、OFの移動活動量が多く、脱糞が少なく、中心区画によく進入し、OFSCでは小部屋があってもすぐには入らないことを意味する。成分3は「情動反応の少なさ」と考えてよいだろう。

成分4は「脱糞性」とでもいうべきものであった。すなわち、OFとOFSCの脱糞数に高い正の負荷を示

Table 4 Structure matrix (factor loading matrix) culculated by PCA. Component 1 to 4 are raised.

	1	2	3	4
1 AMB OF	0.773	0.183	0.429	0.287
2 AMB OFSC	0.644	-0.564	-0.011	-0.097
3 DEF OF	-0.382	-0.157	-0.567	0.613
4 DEF OFSC	-0.628	-0.240	-0.026	0.574
5 SL OF	-0.700	-0.281	-0.389	-0.324
6 SL OFSC	-0.890	-0.079	0.366	-0.012
7 IL OFSC	-0.839	-0.118	0.491	0.007
8 AL OFSC	-0.653	0.630	0.147	0.019
9 ST OFSC	0.565	0.686	-0.377	0.082
10 AMBC OF	0.512	-0.098	0.427	0.332
11 AMBC OFSC	0.407	-0.689	-0.004	-0.000
Eigen value	4.712	1.887	1.378	1.019
%	42.83	17.13	12.53	9.26
Cumulat. %	42.83	59.96	72.49	81.75

した。

以上の主成分分析からは、強制場面で見られる可能性のある「情動的逃避反応」に相当する成分は抽出されなかった。すなわち、OFの移動活動量が多く、OFSCの移動活動量が少なく、OFSCの小部屋への進入潜時が短いといった特徴を持つ成分は、見られなかった。

今回の主成分分析はTYPEと性を込みにして行なったので、それぞれの成分内でTYPEと性がどのように位置づけられるかを知るために、主成分分析から得られた成分得点 (Table 5) を、それぞれの成分において分散分析した。

その結果、成分1についてはTYPEに差はなかった。実験の順序の効果は少なかったといえる。そのほか、♀の得点が高く ($F=29.48, df=1/60, p<.01$)、その傾向はTYPE1で顕著であった (「TYPE×性」交互作用: $F=4.65, df=1/60, p<.05$)。

OFSCに特有な成分2はTYPE2の得点が高かった ($F=37.02, df=1/60, p<.01$) ので、この成分は

Table 5 Normalized component scores of each groups in component 1 to 4.

	TYPE1 ♀	TYPE1 ♂	TYPE2 ♀	TYPE2 ♂
COMPONENT 1	0.75±0.65	-0.81±1.06	0.36±0.54	-0.31±0.73
COMPONENT 2	-0.81±1.11	-0.41±0.64	0.55±0.44	0.67±0.66
COMPONENT 3	-0.00±0.75	-0.88±1.09	0.57±0.56	0.32±0.76
COMPONENT 4	-0.26±0.60	0.70±1.48	0.25±0.59	-0.62±0.84

テストの初期に顕著に出現することが分かった。そうであるので成分2は「情動反応の多さ」と考えたところだが、情動反応が多ければOFの移動活動量に負の負荷が生じると考えられるので、ここでは「穴居性」と名付けておくことにする。「穴居性」に性差はなかった。

成分3はTYPE2の得点が高く ($F=16.65, df=1/60, p<.01$), ♀の得点も高かった ($F=6.77, df=1/60, p<.05$). TYPE2のOFは後半4日であったことを考えに入れると、この結果は成分3が「情動反応の少なさ」であることを支持するものと考えられる。

成分4には、TYPEの差も性差も見られなかった。

OFとOFSCの移動活動量の差は、「情動的逃避反応」に相当する成分が得られなかったため、成分2か成分3に求めなければならない。成分3は「情動反応の少なさ」によってOFの移動活動量が多くなることを示しているため、実験の初期に現れる移動活動量の差の説明には不相当であろう。その点、実験初期に強く現れる成分2「穴居性」は、ラットが小部屋に入ったまま出て来なくなるので、OFSCの移動活動量が少なくなる、ということを示している。したがって、OFとOFSCの移動活動量の差は成分2によるものと考えるのが、妥当であろう。

本研究は、「自由場面」の代わりに「強制-自由場面」を用いたが、この2つの場面は比較的良好に似ていたように思える。♂にすくんで8日間動けなかった個体があった(4匹)ことと、わずかに1匹(TYPE1♀)が5日目と6日目のOFSCで小部屋に入れずオープン・フィールド部を周回していた以外は、全ラットがスムーズに小部屋に入り、小部屋を拠点としてオープン・フィールド部を探索した。また、OFSCよりOFの移動活動量が多かった。これらのことから、「強制-自由場面」は「自由場面」に比較的近いと考えられる。

「強制場面」と「自由場面」の移動活動量の相関として、WelkerとHayesが正の相関値 ($r=.78, r=.64$) を得たのに対し、Miyamoto & Fujitaは負の相関値 ($r=-.64$) を得た。本研究では、Table 3から $r=.398$ の有意な正の相関を得た ($df=62, p<.01$)。

Table 3は性とTYPEを込みに行っているためそれぞれ別に計算したところ、TYPE1の♂とTYPE2の♂に有意な正の相関が見られ ($r=.774, df=14, p<.01; r=.604, df=14, p<.05$), TYPE1の♀とTYPE2の♀にも有意ではないが正の相関が見られた ($r=.433, df=14; r=.459, df=14$)。

もし、OFに情動的逃避反応が生じたならば、「強制場面」と「強制-自由場面」の移動活動量間においても負の相関を得ると思われ、したがって本研究においては情動的逃避反応はあまり生じなかったと考えられる。

要約

Wistar-Imamichi系ラット64匹を用いて、オープン・フィールド・テスト(強制場面)と小部屋付きオープン・フィールド・テスト(強制-自由場面)を比較した。半数の個体はオープン・フィールド・テストを4日続け、そのあと小部屋付きオープン・フィールド・テストを4日行なった。残り半数はその逆の実験した。

前半4日間は「強制場面」における移動活動量は「強制-自由場面」より多かったが、後半4日間では差がみられなかった。移動活動量については性差が顕著で概して♂は移動活動量が少なく、なかでも8日間全く動かないという極端な♂もいた。「強制-自由場面」では出発潜時が日を追って短縮したことから、小部屋が移動開始の強化子となった可能性が考えられた。主成分分析の結果、これらの場面においては、「活動性」、「穴居性」、「情動反応の低さ」、「脱糞性」の4つの成分の存在が示唆された。「強制場面」と「強制-自由場面」の移動活動量の差は、成分「穴居性」によるものであった。

本研究で用いた「強制-自由場面」は比較的に「自由場面」に近いと考えられた。なぜなら、オープン・フィールド部に投入されたラットはスムーズに小部屋に入り、小部屋を拠点としてオープン・フィールド部を探索したからである。また、「強制-自由場面」の移動活動量が「強制場面」の移動活動量よりも少なかったことも、この考え方を支持する。

文 献

- Archer, J. 1973 Tests for emotionality in rats and mice: A review. *Animal Behaviour*, 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 1975 a Open-field行動とは何か 東京教育大学教育学部紀要, 21, 45-51.
- 藤田統 1975 b 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.

- 藤田統 1988 Tsukuba情動系ラットのランウェイ・テストにおける遺伝性とシェルター付きオープン・フィールドにおける行動の分析 筑波大学心理学研究, **10**, 53-67.
- 藤田統・阿部勲 1977 Open-field行動における個体差の特徴 東京教育大学教育学部紀要, **23**, 53-59.
- Hall, C. S. 1934 Emotional behavior in the rat. I. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality. *Journal of Comparative Psychology*, **18**, 385-403.
- Hayes, K. J. 1960 Exploration and fear. *Psychological Reports*, **6**, 91-93.
- 牧野順四郎 1973 Open Field Behavior (OFB)の構造とその発達の側面の分析 滋賀大学紀要, **23**, 51-61.
- 牧野順四郎・藤田統 1971 シロネズミの探索行動の多変量解析 東京教育大学教育学部紀要, **17**, 133-141.
- Miyamoto, K. & Fujita, O. 1981 The situational determinants of open-field behavior in ICR/JCL mice. *Japanese Psychological Research*, **23**, 3, 169-173.
- Welker, W. I. 1957 "Free" versus "forced" exploration of a novel situation by rats. *Psychological Reports*, **3**, 95-108.
- Welker, W. I. 1959 Escape, exploratory, and food-seeking responses of rats in a novel situation. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **52**, 106-111.
- Whimbey A. E. & Denenberg, V. H. 1967 Two independent behavioral dimensions in open-field performance. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **63**, 504-600.
- 1988. 9. 30 受稿—