

近交系マウスにおける電撃提示中の反応変化¹⁾

筑波大学大学院(博)心理学研究科 森 俊之

筑波大学心理学系 牧野 順四郎

Response patterns to electric shock in inbred strains of mice

Toshiyuki Mori and Junshiro Makino (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Tsukuba 305, Japan*)

Four inbred strains of mice (BALB/c, C3H/He, C57BL/6, DBA/2J) were presented with 0.06mA electric shock lasting for 5 seconds, and their responses were observed. We found that the response patterns were different among the 4 strains. DBA/2J changed their responses very quickly one after another. BALB/c froze frequently. C57BL/6 moved back and forward. C3H/He moved back, and then reared up. With such strain-specific response patterns, we can explain inconsistency between two experiments reported by Mori and Makino (1994) and the other avoidance learning performance.

Key words: response patterns, electric shock, avoidance learning, strain differences, inbred strains of mice.

堤・牧野(1990)は、2系統の近交系マウスを用いて、電撃に対して生起させやすい反応型が系統によって異なっていること、隣室への移動(L反応)と立ち上がり・跳躍など垂直方向への反応(R反応)という2種類の反応型が正反応として認められる2反応選択型回避課題において獲得される回避反応が系統によって異なっていることから、電撃に対する生得的反応傾向が回避反応獲得に影響していることを示した。さらに、森・牧野(1994)は、4系統の近交系マウスを用いて、電撃に対する系統特有な生得的反応傾向が電撃強度によって異なっていることを見だし、堤・牧野(1990)と同じ2反応選択型回避課題において、実験で用いる電撃の強度によって回避学習遂行の様相が異なるのは、その系統特有な反応傾向のためであることを示した。

しかし、この森・牧野(1994)の結果には、幾つか

の解決されるべき問題点がある。その一つは、実験1での電撃に対する反応の観察において、C3H/He系マウスは、強度の弱い電撃に対しては立ち上がりや跳躍(R反応)をほとんど生起させなかったにも関わらず、実験2の2反応選択型回避学習場面では、強度の弱い電撃を用いた場合にも立ち上がり反応による回避を学習し、実験1の電撃に対する反応傾向から実験2の回避学習結果を正確に予測できなかったことである。これについては、実験1での電撃に対する反応の観察が、わずか1秒間という短い時間でしかなされていないためであると考察された。

森・牧野(1994)の実験1の手続きでは、同一個体に様々な強度の電撃を提示することによって、被験体に過大なストレスを強いないように、電撃の提示時間を1秒間と短時間なものにした。しかし、一般的な逃避回避課題では、正しい逃避反応(2反応選択型回避課題の場合はL反応かR反応)が現れるまで電撃が提示され続ける。このことは、L/R反応以外の反応が最初に示された場合には、電撃は停止せず、被験体はL/Rどちらかの反応が現れるまで様々

1) 本研究の一部は、新エネルギー産業技術総合開発機構による提案公募型・最先端分野研究開発事業(F-0038, 代表 岩崎庸男)の援助を受けた。

に反応を変化させることを意味する。実際、森・牧野(1994)の実験1で観察された電撃に対する反応は、2反応選択型回避課題で正反応となる室間移動(L反応)や立ち上がり・跳躍(R反応)以外の反応の割合が大きく、特に電撃強度が弱い場合は、50%以上がL/R反応以外の反応であり、L/R反応がほとんど生起しない場合もあった。したがって、電撃に対する反応傾向から回避学習の結果を説明するためには、電撃が一定時間継続して与えられる手続きを用いて、その電撃に対して被験体がどのように反応を変化させていくかを分析することが必要である。

本研究では、瞬間的な電撃ではなく一定時間持続する電撃に対して、被験体が電撃提示中にどのように反応を変化させていくか、またその反応の変化は系統によってどう異なっているかを検討する。

方法

被験体 筑波大学心理学系動物実験棟で維持されている4系統の近交系マウス(BALB/c, C3H/He, C57BL/6, DBA/2J)の雄を使用した。使用した匹数は、BALB/cが5匹、他の3系統が各8匹ずつの計29匹であった。各被験体とも、生後20日齢前後で離乳され、雌雄別に1ケージあたり2~5匹の割合で実験日まで集団飼育された。餌および水は、各ケージに常時設置された餌箱・水瓶により自由に摂取が可能であった。飼育室は、午前8時点灯、午後8時消灯の12時間明期/12時間暗期の周期で照明がなされた。被験体は9~12週齢の段階で実験に用いられた。

装置 森・牧野(1994)が使用したものと同様の通過式シャトル箱を用いた。このシャトル箱は、側壁および天井は透明アクリル板、床はグリッドからなり、大きさは横24.5cm×奥行9.5cm×高さ12.25cmであった。装置中央には出入口(幅5.5cm×高さ6.5cm)の開いた仕切りがあり、装置天井中央にはCS提示用のブザーが取り付けられていた。電撃の提示には、ショックジェネレーター・スクランプラー(室町機械社製, Model SGS-002/T)が用いられた。電撃など刺激提示の制御は、全てコンピュータシステムによってなされた。また、実験の様子を撮影するため、装置正面にビデオカメラが設置された。

手続き 被験体を装置に入れ、15分の装置馴化を行った後、0.06mAの逃避回避不可能な電撃を20試行にわたって被験体に提示した。この電撃は、森・牧野(1994)の実験2において弱電撃として用いられたものと同じ強度である。電撃提示時間は全試行とも5秒間であり、電撃間隔は最小20秒から最大40

秒の間で、平均30秒となるようにランダムに設定した。電撃提示中の被験体の反応をビデオ撮影し、あらかじめ決められた行動項目に従い、反応見本法によって観察記録した。

行動項目

- | | |
|--------|-------------------------|
| ①微小行動 | 位置移動を伴わない身体の震えや周囲の見回しなど |
| ②後ずさり | 後方への移動 |
| ③室内移動 | 同一室内での移動 |
| ④室間移動 | 隣室への移動 |
| ⑤立ち上がり | 前肢を側壁におくか空中において後肢で立ち上がる |
| ⑥跳躍反応 | 四肢が完全に宙に浮いた上方への反応 |
| ⑦その他 | 以上のいずれにも該当しない反応 |

結果

電撃に対する初発反応 電撃に対して最初に示す反応(初発反応)として、どのような反応型が生起し易いかをFig. 1に図示した。全体的に見て、いずれの系統も、位置移動を伴わない小さな動きや室内での移動が多く、隣室への移動や立ち上がり・跳躍を示すものは少なかった。詳細に見てみると、C57BL/6とDBA/2Jは室内移動や室間移動などの移動反応が多かった。また、C57BL/6は他の系統に比べて後ずさりも多かった。C3H/HeやBALB/cは、位置移動を伴わない微小行動が多かった。各行動項目毎に系統を要因とする1要因分散分析を行ったところ、立ち上がり・跳躍を除く行動項目の生起頻度

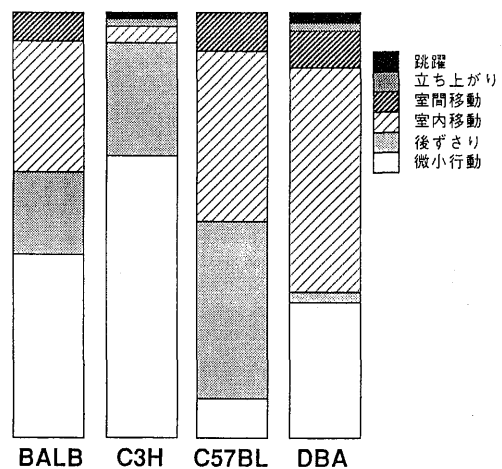


Fig. 1 0.06mA 電撃に対する初発反応における各行動項目の出現比率

に有意な系統差が示された(微小行動：F=17.517；後ずさり：F=7.758；室内移動：F=12.564；室間移動：F=5.316；いずれも df=3/25, p<.01)。

電撃提示中の総反応 電撃提示中の5秒間に生じた全ての反応頻度を測定した。反応見本法により記録したことにより、系統によって反応総数が異なるため、総反応中の各反応の相対頻度を求め、Fig. 2に示した。5秒間の電撃提示中に被験体がいろいろと反応を変化させており、弱い電撃に対しても隣室への移動や立ち上がり・跳躍などを生じさせることがあることが示された。詳細に見てみると、C57BL/6やDBA/2Jは室間移動が他の系統と比べて多かった。また、立ち上がりや跳躍は、C3H/HeやDBA/2Jにおいて多く見られた。各行動項目毎に系統を要因とする分散分析を行ったところ、跳躍を除く行動項目の生じ頻度に系統差が示された(微小行動：F=25.961；後ずさり：F=20.406；室内移動：F=30.868；室間移動：F=17.877；立ち上がり：F=8.795；いずれも df=3/25, p<.01)。

次に、これらの行動がどのような順序で変化するかを記述するために、各行動項目間の推移頻度を算出し、それに基づいてFig. 3に行動の流れ図を作成した。円の大きさは各行動項目の生じ頻度を表しており、矢印の向きは行動項目間の推移の向き、矢印の太さは行動項目間の推移頻度を表している。すなわち、円の大きさが大きいほどその反応が頻繁に生じすることを意味しており、矢印が太いほど、矢印の起点の反応が起こった後に矢印の終点反応が起こることが多いことを意味している。図から、BALB/cは、じつとわずくまったり、後退したり、小さく移動するなど、同一室内で行動を変化させることが多いこと、室間移動は室内移動の後に続いて生じることが多いことが示される。C3H/Heは、同一室内で小さく行動を頻繁に変化させ、その後、室間移動や立ち上がり、跳躍などに反応を変化させる。その推移の仕方には特徴があり、室間移動は室内移動の後に続いて現れることが多かった。一方、立ち上がりや跳躍は、あらゆる反応に後続して生じするが、特に微小行動や後ずさりの後に続いて現れることが多いことが見いだされた。C57BL/6は、同一室内で前進したり後退したりすることを繰り返すことが多く、その途中で隣室へ移動することが多かった。DBA/2Jは、最初室内で動き回っているが、すぐに隣室へ移動することが多いことが見いだされた。

最後に、各試行をL試行(R反応より先にL反応が生じた試行)、R試行(L反応より先にR反応が生じた試行)、Failure試行(試行中にL反応もR

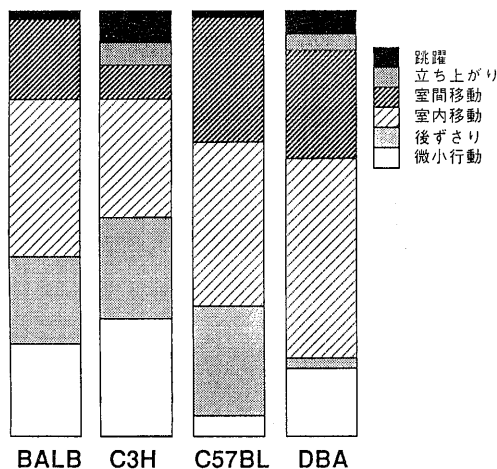


Fig. 2 5秒間の0.06mA電撃提示中におこえる各行動項目の出現比率

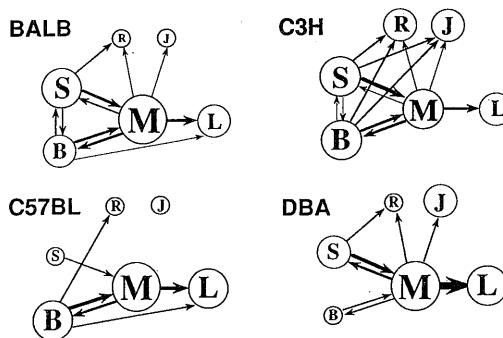


Fig. 3 電撃提示中の行動流れ図
図中の各記号は、S：微小行動、B：後ずさり、M：室内移動、L：室間移動、R：立ち上がり、J：跳躍、をそれぞれ表す。

反応も生じなかった試行)の3種類に分類し、系統毎にその試行数を集計し、全試行中に各試行がどの程度占めているかをFig. 4に示した。これは、もし2反応選択型回避学習場面であれば、各系統がL/Rいずれの反応で逃避したかの推定値を与える。C57BL/6及びDBA/2JはL試行が多く、半分以上がL試行であった。C3H/HeはL試行とR試行がほぼ同程度の割合で存在していた。BALB/cはL試行とR試行を比べるとL試行の方がより多かったが、それ以上にFailure試行が多く、全試行の約半数を占めていた。

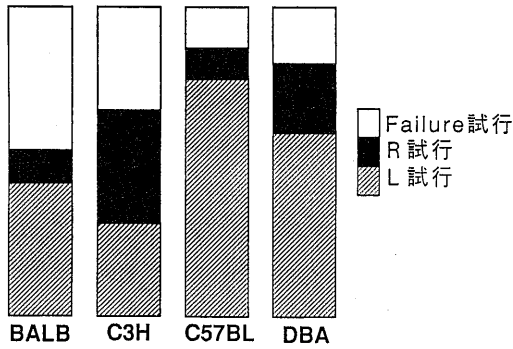


Fig. 4 全20試行中に占めるL試行, R試行, Failure試行の割合

考 察

本実験の結果, 電撃を受け続けると, 被験体は次々と反応を変えてゆくこと, その反応の変化のさせ方には系統による特徴が見られることが示された. 系統毎の特徴をまとめて, その特徴が回避学習にどのような影響を及ぼすか, 森・牧野(1994)の実験2の2反応選択型回避訓練の結果をどのように説明できるかを考察する.

DBA/2Jは, 最も頻繁に反応を次から次へと変えていった. 求められる正反応が電撃に対して頻繁に生起することが学習の決定因であると考えられるなら, この系統は, どのような反応を回避課題の正反応として要求されても, 速やかに適切な反応を学習する可能性をもっていると考えられる. また, この系統はL反応もR反応も頻繁に生起させるが, 2つの反応を系列的に見るとまず最初にL反応を行ってからR反応を行うことが多く, 2反応選択型回避課題を行った場合は, L反応による回避を速やかに学習する可能性が高いといえる.

C57BL/6は, 最初, じりじりと後ずさりをしてから隣の部屋へ移動し, その後じっとすくんでいるという反応系列を示すことが多かった. したがって, いわゆるL試行が多く, 2反応選択型回避課題を行った場合には, 速やかにL反応による回避を学習する可能性が高いといえる. また, この系統はR反応となる立ち上がりや跳躍をほとんど示さないため, R反応を求める回避課題は習得が非常に困難であると予測でき, 実際既に確認されている(斎藤, 1984).

BALB/cも, C57BL/6と類似しており, 2反応選択型回避学習場面では, L反応による回避を学習すると予想される. ただし, C57BL/6よりもじっとす

くんでいることが多く, 5秒間の電撃提示中にL反応もR反応も行わない試行が数多く見られることから, 回避反応の獲得は他の系統よりも困難であると予測される.

C3H/Heは, 最初, 同一室内での動きの小さな行動が多いが, その後, 隣室へ移動したり, 立ち上がりたりした. したがって, 2反応選択型回避学習場面では, L反応による回避と同程度に, R反応による回避を学習する可能性を持っているといえる.

本実験は, 1種類の強度の電撃を用いた場合しか行っていない. したがって, 上述したような各系統の回避学習成績の説明は, 0.06mAの電撃を用いた場合のみ当てはまるといえる. ところで, 森・牧野(1994)の実験1の結果によれば, 他の電撃強度を用いた場合にも, 1秒間の電撃ではL反応とR反応を生起させないこともあり, 正確な回避学習成績の予測は困難であるといえる. より詳細な電撃に対する反応の傾向を記述し, より正確な回避学習成績の説明を行うためには, 本実験と同じ手続きを様々な強度の電撃を用いて行うことも必要である.

しかし, 森・牧野(1994)の実験1と本実験の結果から, 他の電撃強度の場合についての説明もある程度は可能である. 本実験の結果から, 立ち上がりは微小行動や後ずさりに続いて生起しやすく, 室間移動は室内移動に続いて生起しやすいという傾向が示された. 一方で森・牧野(1994)の実験1の結果から, 電撃強度が強くなるほど, 微小行動や後ずさりの生起確率は, 室内移動の生起確率よりも低くなる傾向が示されている. これらを合わせ考えると, 初発反応としてL反応(室間移動)かR反応(立ち上がりや跳躍)が出現しなければ, 電撃が強くなるほどL反応(室間移動)が学習される可能性が高くなると考えられる. したがって, 初発反応としてR反応を生起させることのないBALB/c, C57BL/6, DBA/2Jの3系統は, 電撃が強くなるほど速やかにL反応を学習すると考えられる. C3H/Heは, 0.2mA以上の電撃を用いた場合は, 初発反応として跳躍を生起させることがあるため, R反応を学習する可能性が強いものの, 0.16mAのような中程度の強度の電撃を用いた場合, 初発反応として跳躍を示すことはない. したがって, 微小行動や後ずさりを生起させることも少ないため, 電撃に対してL反応を生起させることが多く, 2反応選択型回避課題でもL反応により学習すると考えられる. このように考えることによって, 森・牧野(1994)の実験2で見られた2反応選択型回避訓練の結果が, 各系統のもつ電撃に対する生得的反応傾向という観点からよりよく説明できる.

引用文献

- 森 俊之・牧野順四郎 1994 近交系マウスにおける電撃に対する反応型と回避学習 心理学研究, **65**, 295-302.
- 齊藤 操 1984 近交系マウスの系統特徴的電撃初発反応型と回避学習 筑波大学人間学類卒業論文.
- 堤 幸一・牧野順四郎 1990 2反応選択場面における近交系マウスの逃避-回避学習 心理学研究, **61**, 255-262.
- 1996. 9. 30 受稿—