

強化随伴性の先行経験が後の回避学習に及ぼす効果

坂田省吾・杉本助男

広島大学総合科学部人間行動研究講座
(1990年10月31日受理)

The effects of prior positive reinforcement contingency on shuttle-box avoidance learning in rats.

Shogo SAKATA and Sukeo SUGIMOTO

Abstract

Four groups of rats were exposed to response-reinforcement contingent, yoked reinforcement, or yoked stimulus reinforcement schedules in a Skinner box or to no experimental pretreatment. All groups were subsequently tested for transfer of the learned helplessness effect on a shuttle-box active avoidance task. The yoked stimulus reinforcement group showed some retardation of avoidance learning in comparison with the other three groups. Subjects were previously implanted electrodes into their brain fields and were measured averaged visual evoked potentials (VEP) during test sessions. The amplitude of VEP at the septal area showed gradual increase with their test task performances except the yoked stimulus reinforcement group. These results suggest that the experience of prior contingency disturbs their following learning.

対処不可能な事象の反復経験により、その後の対処可能な学習が阻害されることは、Seligman (1967) らにより数多く報告され、Overmier & Seligman (1967) はそれを学習性無力 (learned helplessness) と呼んだ。Seligman らの述べた学習性無力理論とは、不可避電撃を受けることによって、被験体は自らの行動がなんら結果 (ショックの終結) とは関係が無いということを経験する (反応結果非随伴性の学習)。その結果、その後の電撃からの逃避回避学習において、反応を起こそうとしなかったり (動機的欠損)、また仮に正しい反応を起こしても、それを強化とうまく結び付けられなかったりする (認知的欠損)。対処不可能電撃の先行経験がその後の食餌性弁別学習に影響を及ぼす研究もいくつかなされている (岡安, 1987; 園田, 1990)。また Job (1987, 1988) は、先行訓練時の反応に随伴しない餌強化が、後の迷路における報酬性弁別学習を阻害するというを示した。先行訓練、テストとも同じく報酬性の課題を用いた研究は Calef et al. (1984) によっても行なわれている。不可避電撃以外の、このような反応に随伴しない報酬性の強化が後の学習を阻害することは、学習性無力理論から容易に導き出すことができる。また、逆に強化随伴性の先行経験が後の学習を促進することも考えられる。Seligman らの認知的用語の説明に従えば、報酬性の先行訓練によっても後の嫌悪性学

習が阻害または促進され得ることも類推可能である。報酬性の反応結果非随伴性の効果は、また報酬性と嫌悪性という異なる性質の先行訓練とテスト間のこの効果の移行も充分可能であるように思われる。本研究では、先行訓練時の報酬性課題としてスキナーボックスを用いたレバー押しによるオペラント学習を用い、テスト時の嫌悪刺激課題にはシャトルボックスを用いた逃避回避学習を行なうことによって、先行の報酬性反応結果非随伴性に曝されることによって後の電撃からの逃避回避学習が阻害されるかどうかを検討する。先行訓練においてレバー押しとは関係なく強化を与えられた被験体は、レバー押しに随伴して強化を受けた被験体や先行訓練を受けなかった被験体と比較して、後の逃避回避学習における成績が悪くなることが予想される。本実験により、この報酬性、嫌悪性の問題に関しては一通り全ての実験がなされたことになり、もしこの予想が正しければ、反応結果非随伴性による学習の阻害という現象がより普遍性を持つことになるだろう。

学習性無力を考える上で、脳内の生理学的変化も非常に関心が深いところである。Anisman (1975) は不可避電撃による脳内のノルエピネフリンの低下を見いだした。この現象は不可避電撃に限らず、本実験のような報酬性の反応結果非随伴性に曝されることによっても起きている可能性がある。本実験では、脳内の生理学的変化を捉えるために特に電気生理学的な検討を試みることにし、その指標としては視覚誘発電位を用いた。脳誘発電位は外界からの刺激に対する一過性の電気活動であり、その刺激に対する個体の内発的な要因を探るための指標とされる。またその部位の選定に当たっては、広い皮質の活動をカバーし、また学習及び情動行動に深い関係を持つとされる辺縁系を併せ、計7部位を選んだ。本実験は探索的な要素を多く含んでいるため、はっきりとした仮説は提唱できないが、学習に深い関わりのあるとされている中隔海馬系に何等かの変化が起きていることは予想される。

方 法

被験体：被験体は実験経験のない雄のウイスター系アルビノラット16匹を用いた。被験体はそれぞれ個別のケージで飼育し、実験開始時でおよそ120～150日令であった。また、全ての被験体を実験開始3週間前から個別ケージで飼育し、1週間を自由摂食下に置いた後、2週間にわたって自由摂食時体重の80%にあたる260g～320gになるよう摂食制限を行なった。実験がすべて終了するまで80%体重を維持した。水は自由摂取とした。

手術：実験開始3日前に、脳波導出用の電極挿入手術を行なった。被験体をチアミナルナトリウム（インゾール：吉富製薬）50mg/kgの腹腔内注入によって麻酔した後、脳定位固定装置（成茂製SR-5）に固定した。頭頂部を正中線に沿って切開し、Paxinos & Watson (1982)の脳アトラスにしたがって電極を挿入した。電極の挿入部位をTable 1. に示した。

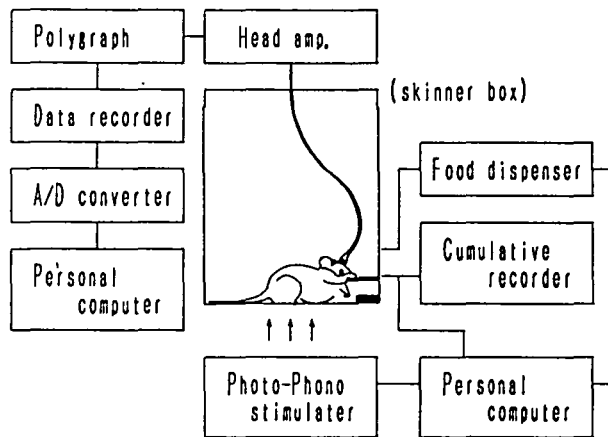
脳波導出用電極は、深部用に直径0.2mmのコート付ステンレス線（エム・テイ技研）、皮質用に先端を丸く加工した直径0.2mmのエナメル銀線（成茂）を用いた。さらに同じく直径0.2mmの銀線を鼻根骨中央部の不関電極に、先端を直径約5mmの皿状に加工したリード線を皮下に挿入しボディーアースとした。これらの電極を9連コネクター（amphenol）に接続し、それを眼鏡用ネジと歯科用セメントで頭蓋上に固定し、縫合した。手術後3日間の回復期間をおいた。

装置：実験装置の模式図をFig.1. に示した。本実験では大きく分けて先行訓練とテストの2つのフェイズがあるため、2つの異なる実験箱を用いた。

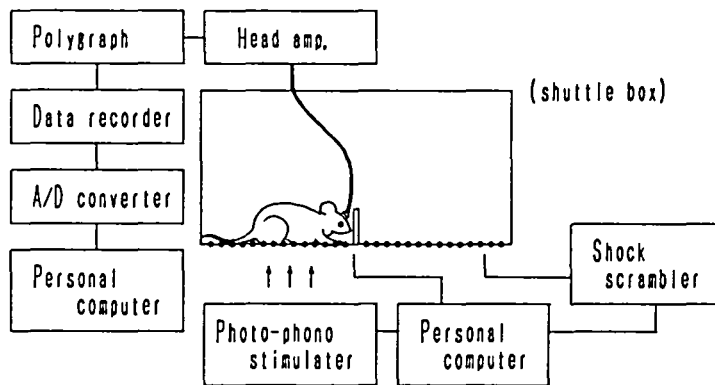
Table 1. 電極挿入部位

(単位: mm)

	Bregma	Lateral	Ventral
前頭葉 (FRT)	4.0	2.0	—
頭頂葉 (PAT)	-2.0	2.0	—
後頭葉 (OCC)	-6.0	2.0	—
海馬CA1 (CA1)	-3.5	1.5	2.5
海馬CA3 (CA3)	-3.5	3.5	4.0
外側中隔 (SPT)	-0.5	0.5	5.0
視床下部 (VMH)	-2.5	0.5	9.5



先行訓練時の実験装置の模式図



テスト期の実験装置の模式図

Fig.1. 先行訓練期 (上) とテスト期 (下) に用いた実験装置の模式図

- (1) スキナーボックス：透明アクリル製（縦 27 cm×横 35 cm×高さ 35 cm）で、一方の壁面の中央、床から 1 cm の位置に餌口があり、その右側 7 cm、床から 4.5 cm に幅 3.5 cm×長さ 3.5 cm のレバーが取り付けられている。被験体のレバー押しの反応は、レバーの基部に取り付けられたマイクロスイッチによって検出した。またこの反応は外部の累積記録器（Ralph Gerbrands 社製）にも記録した。実験箱の天井には直径 2.5 cm の穴を開け、そこから被験体の頭部の脳波導出用コネクターヘコードを接続した。強化子は 45 mg の固形飼料を用い、ペレットディスペンサー（Tech Serv 社製）によって餌口に出した。
- (2) シャトルボックス：透明アクリル製（縦 20 cm×横 60 cm×高さ 30 cm）の 2 方向性能動回避学習箱は、その中央部の高さ 7 cm のアクリル製ハードルによって左右 2 つの部屋に区切られていた。電撃呈示のために、床に直径 0.5 cm のステンレス製金属グリッドを 1 cm の間隔で配置した。電撃呈示は電撃スクランブル発生装置（Tech Serv 製 SGS-004）から、そのうち 3 系統を学習箱の床のグリッドに順番に出力した。また、脳波への雑音混入を防ぐために、電撃呈示装置とグリッドとの間にリレーを介し、電撃を与えない区間で双方の間を遮断した。被験体の部屋の移動は、被験体の重さでその中央部の支柱を始点として箱全体が傾き、それを箱の左底部に取り付けられたマイクロスイッチから IC によるゲート回路を通して検出した。電撃は当初両方の部屋に同時に与えられたが、後半はその方向を被験体のいる方に限定し、それをリレーによって制御した。箱の上部には幅約 3 cm の隙間があり、そこから被験体の頭部に固定した脳波導出コネクターヘコードを接続した。

これら二つの実験箱は小動物シールド恒温槽（日本医科器械製作所製）内に設置した。シャトルボックスはさらにその中のシールドボックスの中に設置した。恒温槽、シールドボックス内は 12 V の豆電球で照明された。条件刺激としての 2 Hz のフリッカー光を、各々の実験箱の前面に、光音刺激装置（三栄測器製 3G11）を配置し呈示した。実験中の被験体の行動は恒温槽、シールドボックス内部に TV カメラを設置し、外部の TV モニターによって観察した。

被験体の頭部より導出した脳波はヘッドアンプで一旦増幅し、ポリグラフ（三栄測器製 360 システム）によって 30 Hz high-cut、時定数 0.1 秒（一部 0.3 秒）でさらに増幅、オシロスコープへ描き出すと同時にデータレコーダー（TEAC 製 SR-51）に磁気記録した。また、脳波の波形はレクチホリによって脳波記録紙に描き出した。

実験条件の制御（刺激呈示、反応検出、計測等）は恒温槽外のパーソナルコンピューター（日本電気製 PC-9801F）によって行われ、脳波解析はデータレコーダーに接続されたコンピューターに A/D コンバーター（カノーブス電子製 Analog-proDMA）を組み込んで AD 変換した。その変換したデータ、反応時間等の行動的データはすべてフロッピーディスクに保存し、パーソナルコンピュータによって解析した。

手続き：本実験は先行訓練とテストの二つのフェイズからなる。全ての被験体は、テスト期の実験箱に慣らすため、実験開始から 3 日目までにシャトルボックスに入れた。テスト期と同様にフリッカー光は呈示されたが、電撃は与えられなかった。

（先行訓練期）

被験体は体重、日令等で揃えた 4 匹を 1 セットとするセットに分け、このセットを 4 セットつくった。各セットの被験体の各 1 匹を以下の 4 群にランダムに割り当てた（Fig.2）。

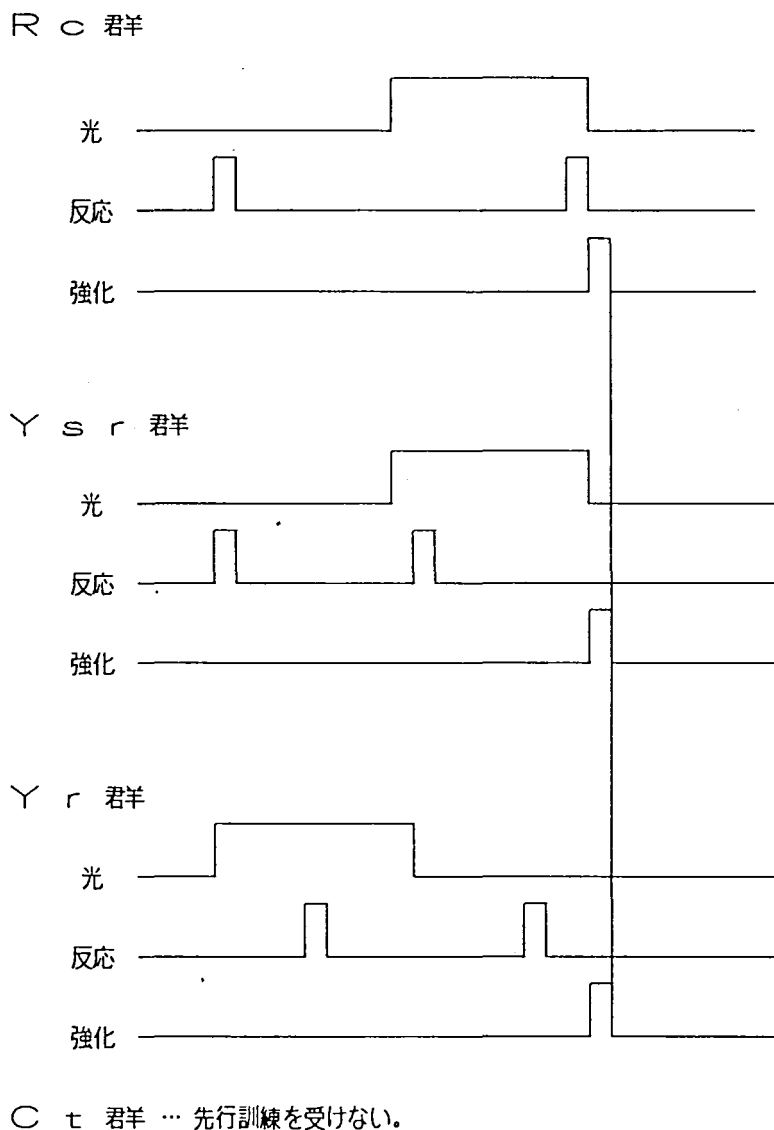


Fig.2. 先行訓練期における各群の光, 反応, 強化の時間関係

- (1) Rc 群 (反応随伴群: Response-reinforcement contingent group) : レバー押し反応に随伴して強化 (餌) が与えられた。2 日間の逐次接近法によるレバー押し反応の行動形成 (shaping) の後, 3 日目に60試行の連続強化スケジュール (CRF) の訓練が行われた。連続強化スケジュールでは被験体がレバーを押す度に1粒 (45 mg) の固形飼料が与えられた。4 日目から試行間隔 (ITI) 平均 15 秒 (10 秒~20 秒で変化する) で, 2 Hz のフリッカー光が呈示された。フリッカー光が呈示されているときに被験体がレバーを押せば, フリッカー光が切れるとともに餌口にペレットが1粒出て, その試行が終了する。またフリッカー光呈示は被験体が反応するまで持続した。4 日目から7 日目までの4 日間, それぞれ 80, 100, 100, 100 試行を1セッションとし, 1日1セッション行なった。
- (2) Ysr 群 (刺激強化ヨークト群: Yoked stimulus reinforcement group) : 反応に随伴する強

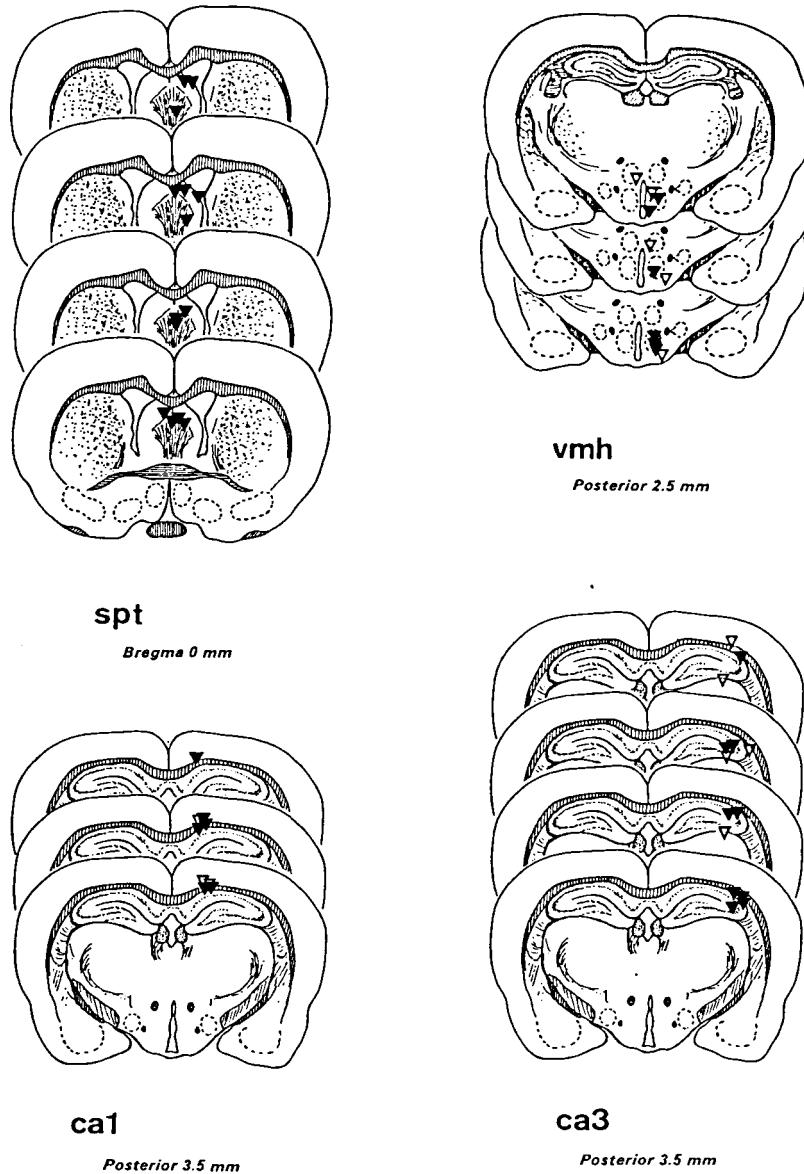


Fig. 3. 電極の挿入位置の組織学的検索

化は与えられなかった。つまり被験体がレバーを押しても餌を与えず、強化（餌）とフリッカー光呈示間隔やフリッカー光の持続時間は同一セットの Rc 群と等しく与えた。

(3) Yr 群（強化ヨークト群：Yoked reinforcement group）：Ysr 群と同様に反応に随伴する強化は与えられない。ただし、この群の被験体が同一セットの Rc 群と等しいのは強化の間隔とフリッカー光の持続時間だけで、フリッカー光の呈示間隔は強化とは関連なくランダムであった。

(4) Ct 群（統制群：Control group）：全く先行訓練を行なわなかった。他の 3 群の逃避回避学習の成績の統制群とした。

以上それぞれ異なった先行訓練を行なった後、テストを行なった。

(テスト期)

先行訓練終了の翌日から、テスト期として能動逃避回避箱での逃避回避学習を行なった。平均 60 秒 (30 秒から 90 秒の間で変化) の ITI の後、2 Hz のフリッカー光を呈示し、フリッカー光呈示開始から 5 秒後に、1 mA の電撃を被験体に与えた。このフリッカー光と電撃は、被験体がフリッカー光呈示開始時にいた部屋からハードルを越えて隣の部屋に移動することによって終結し、そうでない場合は電撃が最大 30 秒間持続した後、光と同時に切れた。つまり、被験体がフリッカー光呈示から 35 秒たっても隣の部屋に移動しない場合は逃避に失敗したことになり、5 秒以内に移動した場合は電撃から回避したことになる。これを 1 試行とし 1 セッション 20 試行で 1 日 1 セッション、7 日間にわたって計 7 セッション行った。この逃避回避学習の成績を、先行訓練の異なる群について比較、検討した。

脳波解析：テスト期の条件刺激呈示開始から 512 msec の脳波をサンプリング間隔 1 msec、サンプリング点数 512 点でサンプリングした。これを 1 セッション 20 試行分で加算平均し、共通成分としての誘発電位をセッションごと、部位ごとに求めた。ただし、アーチファクトの混入の激しいものについては最低 10 回の加算を目安とし、それを達成できないものについてはデータから除外した。

組織学的検索：実験終了後、深麻酔をして 10 %ホルマリン溶液で還流固定し、脳を摘出した。マイクロスライサー (D. S. K. 堂阪イーエム製 DTK-3000) により組織切片を作成し、電極挿入位置の組織学的確認を行なった。16 匹の被験体中 14 匹で脳波が計測された。そのうち中隔では全例が適切な位置に挿入されていたが、視床下部では 6 例、海馬 CA 1 で 6 例、海馬 CA 3 で 9 例しか目的の場所に挿入できていなかった (Fig.3)。組織学的検索により目標とした位置から外れていた部位は、分析から除外した。

結 果

行動観察：先行訓練時における各被験体のセッションごとの 1 強化あたり反応数を、セットごとに Fig.4. に示した。Rc 群とそれにヨークトされた Ysr 群、Yr 群の結果を同一のグラフに描いてある。これより Rc 群の反応数が多く、それと比較して、Ysr 群、Yr 群の反応数とともに少ないことがわかる。ただし Ysr 群、Yr 群にも比較的高い反応数を維持している被験体は存在した。それはヨークトされた Rc 群の個体が比較的少ない反応数の場合であるとみてとれる。Rc 群の反応が少ないことは、光呈示からの反応も遅れることになり、それにとまってこれらのヨークトされた群へ餌が与えられる間隔も長くなった。その長い強化間隔の間にこれらの被験体の起こした反応が、たまたま強化されてしまったことも考えられる。しかしながら、全体として Rc 群の高反応と Ysr、Yr 両群の低反応が示され、また各セットについても Rc 群を上回る反応を示した Y 群の被験体がいなかった。それは各群ごとに反応数を平均した Fig.5. の結果からも明らかである。Ysr、Yr 両群を反応強化非随伴性に曝すという先行訓練期の手続きはうまくいったものと考えられる。

テスト期のシャトルボックスにおける逃避回避学習の結果を各群ごとに比較するために、逃避数の平均をとったのが Fig.6. である。これを見ると Ct 群と Yr 群が同じようにセッションを経るとともに逃避数を上昇させる学習曲線を描いているのに比べ、Rc 群ではほぼ横ばい、Ysr 群は上昇はしているがやや低い逃避数であることがわかる。特に最初の数セッションでは Ysr 群だけが低い逃避数を示している。先行訓練を行なわなかった Ct 群と比較すると、Yr 群はほぼ同じであり、Rc 群は特に後半にかけて若干逃避数が少なく、上昇する学習曲線を描か

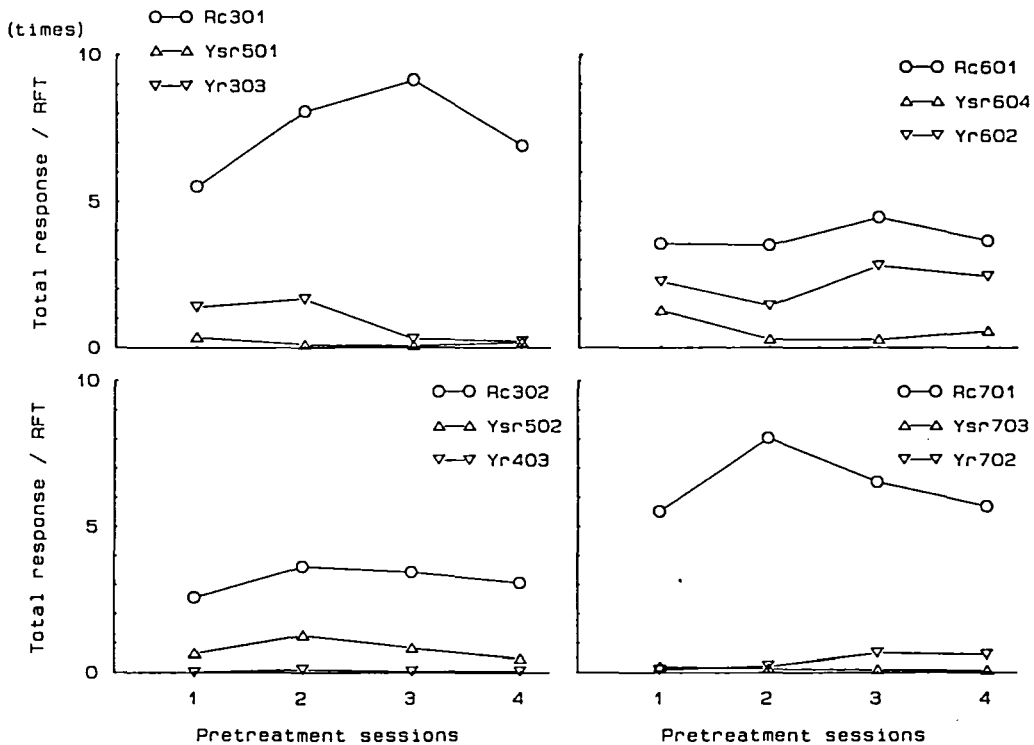


Fig.4. 先行訓練期における各被験体の1強化当りのレバー押し反応数。

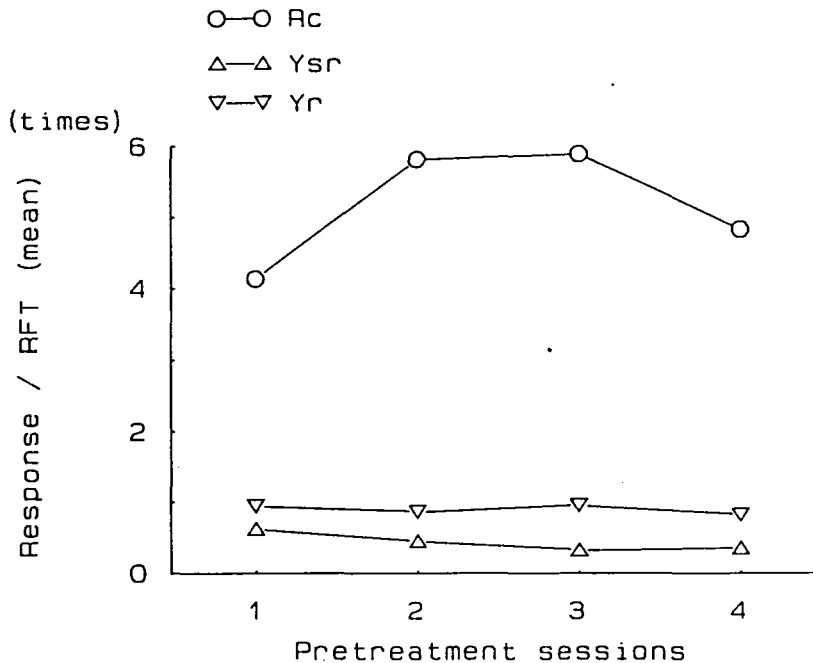


Fig.5. 先行訓練期における各群ごとに平均した1強化当りのレバー押し反応数。

ず、そして Ysr 群はその Rc 群よりも少ない逃避数を示した。Ct 群よりも少ない逃避数を示した Rc 群と Ysr 群は、先行訓練では光刺激と強化が随伴しているという点で一致しており、それに対して Ct 群と同じ学習曲線を示した Yr 群は光刺激と強化が随伴していなかった。このことより先行訓練において光刺激を条件刺激として与えることが後の学習にかなり多くの影響を与えることが示された。また、強化が随伴する条件刺激を呈示した 2 つの群では Rc 群よりも Ysr 群の方が逃避数は少なかった。この 2 群の違いは反応に随伴した強化子が与えられるかどうかの 1 点であり、このことから、本実験の結果からは反応強化非随伴性が後の学習を阻害したということが示唆された。

反応潜時の各群ごとの平均を Fig.7. に示した。逃避数のグラフとは逆に潜時の短い方が学習成績がよい。Ct 群と Yr 群は同じように潜時が減少し Rc 群が横ばいを示しているのは逃避数のグラフの結果と変わらないが、後半にかけて Ysr 群が他の 3 群にかなり近い潜時となった。しかし、セッションの前半、特に第 2、第 3 セッションでは他の 3 群より潜時の遅れが目立っている。このグラフからも Ysr 群が他の群よりも若干学習成績が悪いことが示された。

自発的移動回数の各群ごとの平均を Fig.8. に示した。Ct 群がかなり多い移動を行なっているのに比べ、他の 3 群はずっと少ない移動しか行なっていない。特にそれはセッションの中盤において顕著である。また、僅かながら、Ysr 群が他の群に比較して移動数が少ない。これは刺激強化随伴性の効果であると思われる。Rc 群の移動回数が第 1 セッションにおいて非常に多いのは、Yr, Ysr 群と比べて第 1 セッションにおいては反応が抑制されていないからと考えられる。

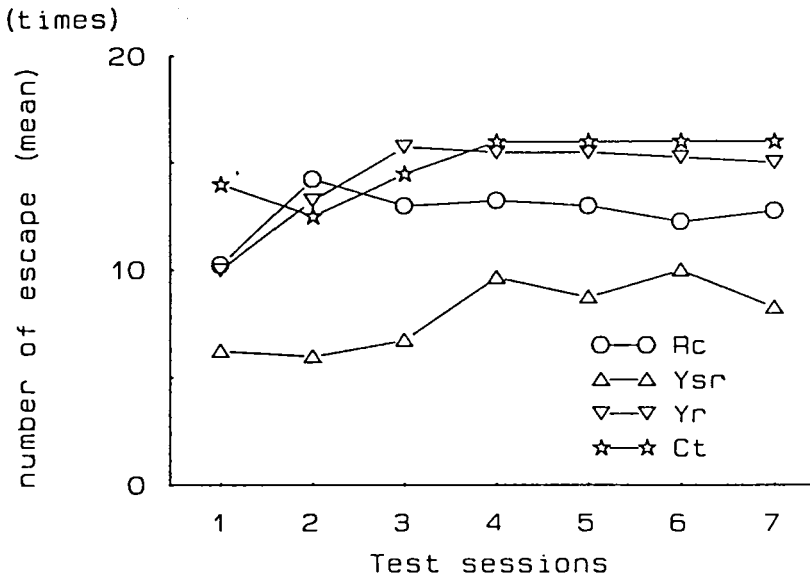


Fig.6. テスト期における各群の平均逃避数。

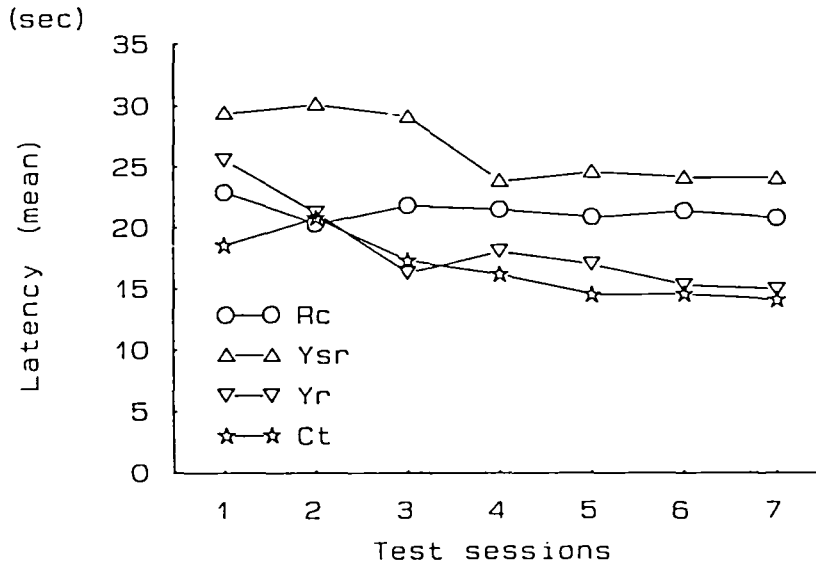


Fig.7. テスト期における各群の平均逃避潜時。

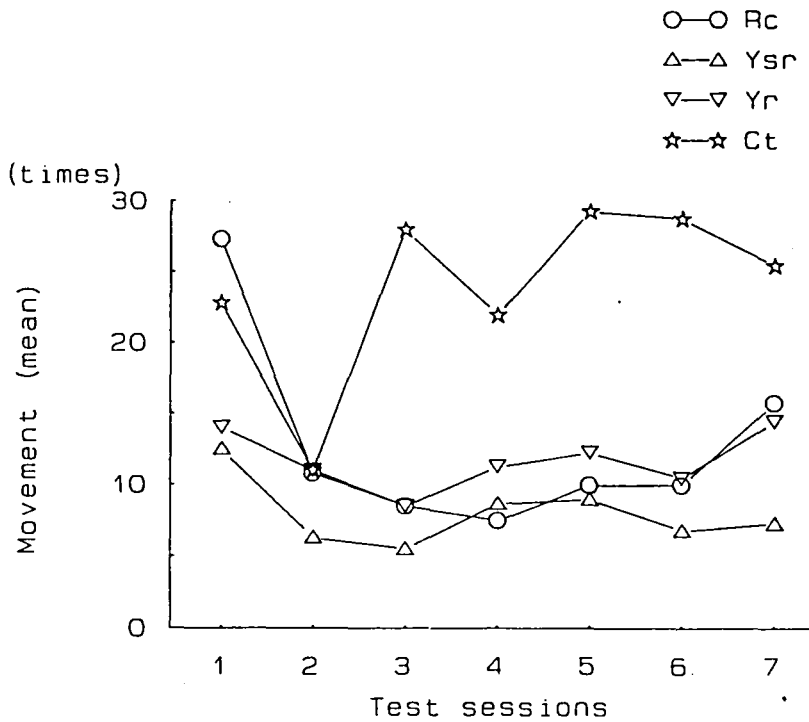


Fig.8. テスト期における各群の平均自発移動回数。 数

視覚誘発電位：本実験では前頭葉，頭頂葉，後頭葉の皮質3部位と，海馬CA1，海馬CA3，中隔，視床下部の皮質下部位4部位の合計7部位から脳波を導出し (Table 1.)，被験体16匹，7セッション分のデータ計784本の誘発電位の内，不適切なデータを除外して579本の誘発電位データが得られた。そうして得られた視覚誘発電位は各個体，各部位によって若干異なっていたが，これらの形の，各個体，各部位の共通性，非共通性を確認するためにその分類を行った。その分類は次の分類規準に従った。本実験では大きく分けて4つ誘発電位のパターンが得られた (Fig.9.)。

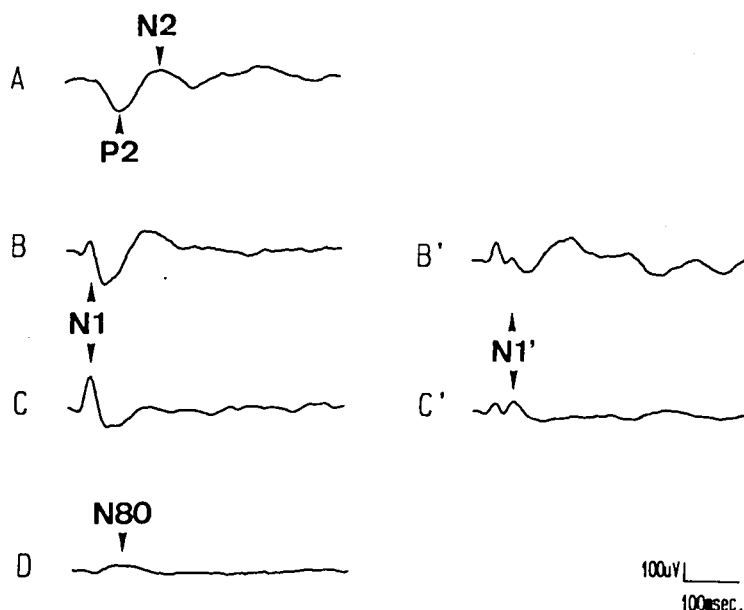


Fig.9. 視覚誘発電位のパターンと各成分の名称。図の上が陰性電位，下が陽性電位を示す。

パターンA：大きな陽性成分の後に陰性成分を持つものでそれぞれの成分をP2，N2と呼ぶ。これらのパターンは中隔と視床下部に比較的多くみられた。

パターンB：パターンAの大きな陽性成分より以前にもう一つの陰性の成分(N1)を持つもので，3相性を示している。このN1が比較的小さいものも本実験ではBとして分類した。海馬，中隔で多くみられた。

パターンC：パターンBのもつ初期の陰性成分(N1)の振幅が大きく後の陽性成分，陰性成分が小さいか明らかではない。ただ各成分の潜時は前の2パターンとほぼ同じである。本実験で得られたこのパターンの誘発電位は特徴的なもので，主に後頭葉で多くみられた。

パターンD：上記の3パターンとは形態が異なっている。このパターンの特徴は他のパターンが持っている陽性成分のほぼ同一の陰性成分を持っている。この陰性成分はおよそ70から80 msecの潜時を持っており，本実験ではN80と呼ぶこととする。

本実験の視覚誘発電位のパターンは大別すると上記の4つのパターンに分類できたが，本実験では更にパターンB，C，について下位分類を設定した。これらのパターンにおいて初期の陰性成分(N1)に二つの頂点を持つものが観察されたからである。これらをパターンB'，C'と記述し，2番目に現れる初期の陰性成分をN1'と仮称する。特に上記の分類でCに分類さ

れていた誘発電位はすべてこのC'パターンであった。

これらのパターンの他に、ほぼ全パターンに共通して約 20 msec 近辺に小さな陽性成分の見られることがある。これを P1 と呼ぶが、今回の分類には採用しなかった。各部位、被験体ごとの誘発電位を概観し、パターン分類したものを Table 2. に示した。

Table 2. テスト期の各被験体、各部位の視覚誘発電位パターン

	前頭葉	頭頂葉	後頭葉	中 隔	視 床 下 部	海 馬 C A 1	海 馬 C A 3
Rc301	D	D	—	B	—	—	A
Rc302	D	D	C'	A	—	—	A
Rc601	D	C'	C'	A	A	B	B
Rc701	D	D	C'	A	A	B	A
Ysr501	D	C'	C'	A	—	—	—
Ysr502	A	B	C'	B	—	—	B
Ysr604	D	D	C	B	A	—	B
Yr303	—	D	C'	B	A	B	B
Yr403	D	D	—	A	—	A	A
Yr602	A	B'	B	B	B	—	—
Yr702	D	B	C'	B	A	B'	—
Ct401	D	D	B'	B	—	B	—
Ct402	D	D	A	A	—	—	A
Ct603	A	B'	B'	A	—	—	—

皮質前頭葉の誘発電位は主に D パターンが多くみられた。Rc 群の被験体の 4 匹, Ysr 群, Yr 群, Ct 群の 3 匹中 2 匹がそれに当たる。これらの誘発電位の N 80 の潜時は各被験体、各セッションによって異なるが、約 60 msec から 100 msec だった。これらはセッションの進行に応じた明かな振幅の増加はみられなかった。また、振幅も小さかった。D パターンではない被験体, Ysr 502, Yr 602, Ct 603 は A パターンであった。これらの誘発電位はセッションを経るにつれてその振幅、とくに P2 の陽性成分が増加した。学習との関連では Ysr 502, Yr 602 は学習のできなかった被験体だが、Ct 603 はそうではない。本実験においては、前頭葉の誘発電位はこの 3 例以外については振幅も小さく、これだけでは明白な個体差、群間差を表していない。

皮質頭頂葉についても D パターンが多く見られた。前頭葉でパターン D の見られた被験体

は、3匹を除いて同じDパターンが見られた。また Rc 302, Ysr 604はセッションにつれて N 80の振幅が減少し、Yr 303と Rc 701は増加した。しかし全体として振幅が小さくはっきりした傾向は見られない。

後頭葉の誘発電位の特徴はN1成分に2つの頂点を持つパターンCが多く見られたことである。Yr 602, Ct 402はそれぞれB, Aと判定されたが、いくつかのセッションでは2つの頂点がみられ、これらのパターンの誘発電位は後頭葉に特徴的なものと言うことができる。この部位についても振幅が小さくセッションにつれての変化も見られるがはっきりしたものは言えなかった。

中隔の誘発電位は大きくAパターンとBパターンに分かれた。但しBパターンについては、約20 msec 近辺の陽性成分(P1)が現れたものについてN2頂点のはっきりしたものをすべてそこに分類したので、成分としてはAパターンに分類してもおかしくはない。明白なBパターンのもものとしては、Yr 303, Ct 401などが挙げられる。この部位の特徴としてはセッションを経るにつれて、P2, N2の振幅が増大している被験体が目だつことであろう。特によく学習したと思われる被験体、Rc 701, Yr 303, Ct 603等はその振幅が明白に増大した。また、Ysr 604はセッション初期から比較的是っきりとした誘発電位が得られたが、それはセッションと共に僅かながら減少した。この部位は比較的好く学習の結果を反映しているといえよう。この学習の結果の反映は同時に群間差をも示すと考えられる。

視床下部の誘発電位のパターンは中隔のそれとほぼ一致した。ただ、中隔でBパターンと分類した多くが、P1の消滅によりAパターンと分類された。その振幅の変化も中隔のものと非常に類似していた。

海馬CA1の誘発電位の特徴はほとんどの被験体に初期の陰性成分(N1)が比較的大きく見られ、その結果、2匹を除いて全てがBパターンに分類された。Yr 702は二つのN1頂点を持ちB'パターンに、Yr 403は成分の同定が困難だったがAパターンに分類された。この部位もやはりセッションと共にその振幅が大きくなる傾向があり、それはよく学習した被験体について顕著だった。

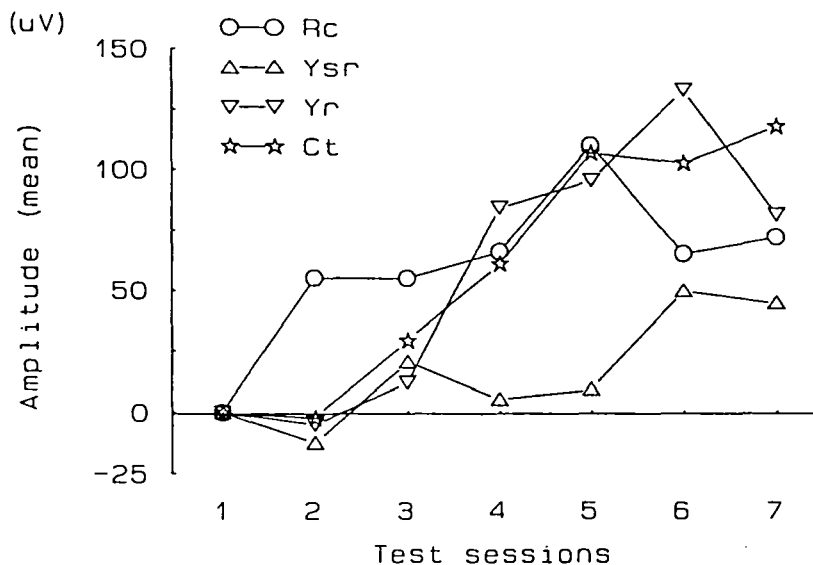


Fig.10. テスト期における各群の中隔P2-N2振幅の変化。

海馬 CA 3 の誘発電位はすべてが A あるいは B パターンに分類されたが、被験体ごとの差異は大きかった。Ysr 502, Ysr 604 はいずれも大きな振幅を持っているが、セッションに応じた変化はない。

以上 7 部位の誘発電位を比較すると、振幅値の大小はあるけれども、学習の成績と誘発電位の振幅がおおよそ一致していることが示された。これらの部位の誘発電位のうち、最も振幅の変化がはっきりと現れ、各被験体で誘発電位のパターンのほぼ一致している中隔の P2-N2 振幅を群ごとにまとめて示したのが Fig.10. である。

この図では振幅の大きさではなくその変化を見るために、各被験体の第一セッションの振幅値をその被験体のベースラインとし、それからの変化量、即ち各セッションの振幅値から第一セッションの振幅値を引いたものを、各群ごとに平均した。このとき、脳波にアーティファクトの多かった Ysr 703, Ct 704, Ct 402 は除外してある。Ct 群, Yr 群の被験体は、第 2 セッションから以後は急激にその振幅が増大していることがわかる。それに対して Rc 群の被験体は第 1 セッションから第 2 セッションにかけて振幅が増大（およそ $60 \mu V$ ）しているが、それ以後はほぼ横ばいを示し、Ysr 群は第 5 セッション辺りまでほぼ横ばいを示している。この変化はほぼ行動データと一致しており、先行訓練の効果が脳内の電気活動においても確かめられたといえる。Ct 群と Yr 群に比較して Rc 群と Ysr 群の振幅の変化が少ないことは、先行訓練において条件刺激に随伴して強化を与えた影響であり、なかでも Ysr 群の被験体の振幅の変化が余りないのは、先行訓練における反応と強化が随伴していないことによる影響であることが示唆される。

考 察

今回の実験の目的の 1 つは、反応強化非随伴性が、その後の嫌悪性の学習を阻害するのかどうかを確かめることである。また言い換えるならば、反応強化随伴性がその後の学習にどう影響するのかを確かめることである。本実験の結果、先行訓練において条件刺激としての光に強化が随伴していた Ysr 群が、その後の回避学習の成績が最も悪かった。また、光呈示下において反応に随伴した強化をうけた Rc 群の被験体は Ct 群や Yr 群よりも成績が悪かった (Fig.7)。このことより、先行訓練で使用された条件刺激である光刺激と強化の随伴性が、後の回避学習の条件刺激としての光刺激と回避反応の連合を阻害したと考えられる。Ysr 群の方が Rc 群よりも成績が悪かったことから、オペラント的側面の反応強化随伴性よりも光刺激 (CS) と餌 (US) のレスポナント的側面の刺激強化随伴性の方が、後の学習に及ぼす効果が大きかったといえよう。これは、先行訓練において光を強化子と対呈示した Rc 群と Ysr 群が共に、先行訓練を受けなかった Ct 群と、先行訓練において光と強化子をランダムに呈示された Yr 群よりも学習成績が悪くなった結果からも支持される。さらに、テスト期における逃避回避学習の成績の結果より、先行訓練期にオペラント学習した Rc 群が、Rc 群と全く同じように強化を受けた Yr 群よりも成績が悪く、全く同じように強化を受けているが光と強化が随伴した Ysr 群よりも成績がよいことは注目すべきことである。同様に、何らの先行訓練を受けていない Ct 群と先行訓練で何を学習しているのかわからないが餌だけを受けた Yr 群で、テスト期における逃避回避学習成績がほぼ同じであることは、先行訓練での強化と随伴した刺激の存在が後の回避学習に効果を持つことを間接的に示唆する。また、ITI 中の自発的移動回数の結果 (Fig.9) より、Ct 群の自発的移動回数だけが多く、何らかの先行訓練を受けた群では被験体の自発的移動が抑制されていることが示された。先行訓練によって動かないことを学

習するような何らかの学習が行なわれている可能性がある。

先行訓練における条件刺激による学習の阻害の最も明らかな理由は、その刺激に条件付けられた性質の違いであろうと思われる。つまり、先行訓練においては光は餌と結び付けられた報酬性の条件刺激となったはずである。それがテスト期に入り、電撃と対呈示されることによって嫌悪性のもに变化した。この報酬性から嫌悪性への移行が被験体を混乱状態に陥れたと考えることは容易である。被験体にとっては、先行訓練においては光は報酬性の、接近性の信号であったのに、テストに入ってからそれはそれが嫌悪性の、回避性の信号となったと考えられる。それにより、被験体は一種の接近回避葛藤 (approach-avoidance conflict) 状態におかれたことは十分に考えられる。さらに本実験においてはその光刺激は先行訓練、テスト両期で全く同じ (2 Hz のフリッカー) であったために、その傾向が顕著に現れたものと思われる。

本実験の結果を Seligman の言う学習性無力理論に沿って考えると以下のような説明が考えられる。Rc 群、Ysr 群の被験体はそれぞれ接近回避葛藤の状態におかれていた。そして Ysr 群は学習性無力効果を示したが、葛藤状態におかれていなかった Yr 群の被験体はその効果を見せなかった。その理由の一つに学習課題の難易度の問題が考えられる。今までにシャトルボックスでのテスト時に FR 1 (本実験と同じ) の課題で行うと学習の阻害はみられなかったが、FR 2 の課題だと学習は阻害されたという知見がいくつか報告されている。この事から学習性無力効果はテスト時の反応結果随伴性が明らか、つまり課題が容易だと現れないと結論に達している。本実験においては、接近回避葛藤状態におかれた Ysr 群にとって、そうでない Yr 群よりもその課題が困難になった事は十分に考えられる。それゆえに Ysr 群は学習の阻害を見せ、Yr 群はそれが見られなかったと考えることができる。元来、Seligman 達が言う学習性無力実験は嫌悪刺激 (おもに電撃) によるものであった。電撃が被験体に及ぼす影響は非常に強いものだと思われ、報酬性 (おもに餌) によるものはそれと比較すると小さいと考えられる。その上で報酬性を用いた本実験では 7 日間で計 540 回の強化をおこなった。電撃を用いた場合はおよそ 1 日で 100 回程度である。本実験の強化数は Job (1987) の実験のものよりも少なく、テストにおいて電撃からの逃避回避課題を用いた本実験の場合にはより不十分であったかもしれない。あるいは先行訓練において強化数を増やすことによって Yr 群にも学習の阻害がみられたかも知れない。この様なレスポナント的側面は当然ながら他の学習性無力の実験においても充分考察に値する。本実験や岡安 (1989) の実験のように、先行訓練とテストの報酬、嫌悪性の関係が逆転しているものはもちろん、それが同じものであってもこの種の葛藤は存在し、そこでの反応強化随伴群とヨークト群との差異にはレスポナント的側面が必ず存在するからである。ただ、そこには個体差も多く関与する。

本実験では個体差について、視覚誘発電位という生理指標を用いることで何等かのその解決を試みようとした。その結果、行動指標以上にその個体差は明確に現れ、誘発電位は個体差を示す指標としてその有効性を明らかにした。また今回群ごとに平均してその群間比較を試みた。その結果でも群による差は明確に現れ、行動的な違いを裏づけた。特に中隔部位は学習に関連の深い部位だとされ、目だった変化を見せた P 2 成分について、セッションの進行に応じた振幅の増大がみられた (Fig. 11)。この部位の P 2 - N 2 振幅において明白な群間差がみられたということは、この部位が学習実験において関連の深い部位だということができる。また、個体データを示さなかったが、行動的に凍結反応を見せた個体である Ysr 604 の各部位の誘発電位が第 1 セッションから大きな振幅を持っており、セッションにつれて他の被験体とは逆に減少傾向を示した。同様のことは、振幅が小さく Ysr 604 程明確ではないが Rc 302 についても言えた。この両被験体はそれぞれ Ysr 群、Rc 群であり、そのいずれも成績が悪い。これらの被

験体のテストの結果を先行訓練の効果の最もはっきりとした現象としてみるならば、テストセッションの開始から条件刺激にたいして脳内では何等かの意味づけが行われていたと考えることが可能である。それはもしかすると先ほど述べた信号の性質の逆転による葛藤を示すものであるかも知れない。

これらの事は、学習性無力実験におけるさらなる脳内の変化についての分析の必要性を示唆するものである。今回用いた指標は誘発電位であったが、脳内の電気活動を表す他の指標、例えば野手 (1988) や坂田 (1989) のように周波数分析を用いたり、あるいは脳内の物質、例えばモノアミン系の伝達物質を分析することによって先行訓練において何が被験体に生じ、どのように影響を与えているかについてなんらかの知見を得ることができるかもしれない。

本研究の実験の実施と資料の整理には教室の多久和学君の多大な協力を得た。記して感謝の意を表します。

参考文献

- Anisman, H. 1975 Time-dependent variations in aversively motivated behavior: Nonassociative effects of cholinergic and catecholaminergic activity. *Psychological Review*, 82, 359-385.
- Calef, R. S., Mets, R. A. , Atkinson, T. L. , Pellerzi, R. C., Taylor, K. S. and Geller, E. S. 1984 Aquisition of running in the straight alley following experience with response-independent food. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 22, 67-69.
- Job, R. F. S. 1987 Learned helplessness in an appetitive discrete-trial T-maze discrimination test. *Animal Learning and Behavior*, 15, 342-346.
- Job, R. F. S. 1988 Interference and facilitation produced by noncontingent reinforcement in the appetitive situation. *Animal Learning and Behavior*, 16, 451-460.
- 野手美希子・坂田省吾・杉本助男 1988 ラットにおけるオペラント行動中の定位反応と海馬活動。広島大学総合科学部紀要Ⅲ, 12, 65-73.
- 岡安孝弘 1987 電撃からの逃避不可能性がラットの迷路学習に及ぼす効果。
動物心理学年報, 37, 67-69.
- 岡安孝弘 1989 食餌性学習におけるラットの学習性支配感の検討。
動物心理学年報, 39, 13-20.
- Overmier, J. B. and Seligman, M. E. P. 1967 Effects of inescapable shock upon subsequent escape and avoidance responding. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 63, 28-33.
- Paxinos, G. and Watson, C. 1982 *The rat brain in stereotaxic coordinates*. Academic press Australia.

坂田省吾・杉本助男 1989 オペラント行動中の電撃回避に伴うラットの海馬電気活動。
広島大学総合科学部紀要Ⅲ, 13,27-36.

Seligman, M. E. P. and Maier, S. F. 1967 Failure to escape traumatic shock. *Journal of Experimental Psychology*, 74,1-9.

園田明人 1990 ラットにおける対処不能電撃の経験が後の食餌性弁別学習に及ぼす効果
基礎心理学研究, 8,95-100.