

ラットの学習成績と脳内遊離アミノ酸との関係について

出海みどり*・遠藤 京子*・平沢 尚孝**

(昭和60年9月30日受理)

The Relation between the Result of Learning and the Free Amino Acid in the Rat's Brain

Midori IZUMI, Kyoko ENDO and Naotaka HIRASAWA

(Received September 30, 1985)

緒 言

精神の座としての脳の研究は、紀元前より Hippocrates により始められたとされ、脳の精神活動に関する化学的研究が今日まで進められてきている。その中で、記憶とか学習とかという脳の高次機能についての問題が、近年大いに注目を集めている。

脳は生体の中で生命現象をになう1つの臓器にすぎないのであるが、脳は身体の中で最も保護された臓器であることを考えるとその重要さが理解できる。また、脳は他の器管には見られない特殊な形態を持ち、同時に特異な機能を持つことが知られている。そして、脳の化学組成や物質代謝の特異性は、脳の機能との関連において特に密接な関係があると言われている¹⁾。

さらに近年、神経細胞のレベルで記憶の仕組みを考えようとする分子生物学的な研究が盛んに行われ、神経細胞の細胞質に非常に多く存在するリボ核酸(RNA)が、記憶や学習などの精神活動に何らかの関係があるのではないかとされている。脳内の高分子物質が動物の学習によってある一定の変動を示すという実験が数多く行われ、学習の進行と神経細胞内のRNAの量の増加が相関するという報告もある²⁾。

本論文では、記憶や学習などの脳の精神活動に脳内の高分子物質(蛋白質、核酸)が関係していることを前提とし、この関係を考えたい。そこで、本論文では心理学実験において『白ネズミの左右弁別代理学習についての研究』で訓練及び模倣学習を受けた白ネズミを使い、脳

組織の固定時期に差異をつけ、それぞれの時期の脳内遊離アミノ酸及び核酸を測定した。そして、脳内遊離アミノ酸及び核酸が、精神活動に何らかの関連を示すかどうかを学習成績と比較することによって、生化学的に検討を試みた。

実験方法

1 実験動物

心理学実験に於て、生後18週令のウィスターキング系の雄白ネズミ33匹を購入(実験動物研究所)し、それぞれP群に10匹、D群に5匹を用いてリーダーとしての訓練を行ない、A群、B群、C群に各6匹宛用いてリーダーについて模倣の学習を行なった後、当研究室へ譲渡されたネズミである。

本研究の試料となった実験動物の心理学実験の概要を述べると、動物に於ける模倣学習の研究として1941年に Miller, N. E. & Dollard, J. が、ラットについて模倣行動に関する「社会的学習と模倣」という古典的実験を発表し、模倣行動が本能的なものでなく、学習を通して獲得され得るものであることを結論したのに基づいて本実験を行なった。

購入したウィスターキング系白ネズミ、18週令の雄33匹を、リーダーネズミ(先導ネズミ)として15匹(P1~5, P6~10, D1~5)、追従ネズミとして18匹(A, B, C群各6匹)に分け、15日間1日10試行で訓練が行なわれた。P群10匹、D群5匹は模倣学習のリーダーネズミとして、A, B, C群は、P, D群の行動を模倣する追従ネズミとして訓練されたわけである。

* 栄養学第5研究室

** 心理学研究室

(1) 訓練のための装置を説明すると、図1に示したように、高架式T字型迷路（軸の長さ90cm、腕の部分左右各43cm、巾4cm、高さ78cmの木製）を作製し、軸の末端にスタート地点をつくり、その中央部にA点をつくった。リーダーネズミは中央のA点より出発させ、追従ネズミは軸の末端より出発させた。腕の部分の左右の端はゴールとし、各ゴールには餌を入れる深さ4cmの木製の箱を埋め込んだ。軸から左右の腕木へ移行する点をBとし、そこから左右へ各4cmの所に電撃板を設置した。これは、ネズミが誤動作をした場合、罰として50V、50 μ Aの電撃ショックを与え、学習効果を促進させることに用いた。また、図のように、軸の部分に2ヶ所、腕の部分に2ヶ所ずつ1ワットの豆ランプを取りつけ、光による学習も行った。そのため、実験室は暗室とした。（図2実験風景）

(2) 被験ネズミは、前日より絶食に近い状態にさせておき、当日ホームケージから出してスタート点へ置き、正しくゴールへ到着したものには報酬として30秒間餌を与えた。また、誤反応の場合は電撃ショックを与えた。尚、スタート点に置かれてから10秒間反応を起こさなかったものは直ちにケージにしまい込まれ、その回は誤反応として記録した。1日の訓練を終了した被験ネズミは、ホームケージで2gの餌が与えられ、水は水道水を自由に摂取させた。

(3) 予備実験（リーダー作り）で、位置習性を有する先導ネズミ（Pリーダー）と、光を手がかりとして弁別する先導ネズミ（Dリーダー）を作る。

① Pリーダーの訓練（左右の弁別）…Pリーダーネズミ10匹のうちP₁₋₅（5匹）は右の腕の方へ、そして残りのP₆₋₁₀（5匹）は左の腕の方へ行くことを訓練させた。

② Dリーダーの訓練（光の学習）…D₁₋₅の5匹を使用し、ランプの点灯している腕の方へ行くことを訓練させる。（豆ランプの点滅はGELLERMANの系列に従った。）その他の手続きは、Pリーダーの訓練と同じである。

以上、Pリーダーの訓練、Dリーダーの訓練は、1日20試行で、誤りが25%未満になった時を学習の完成とし、完成するまで訓練を続けた。（位置習性を有する先導ネズミの学習は比較的容易に完成したが、それに比べて光を手がかりとして弁別する先導ネズミの学習は、完成されにくかった。）

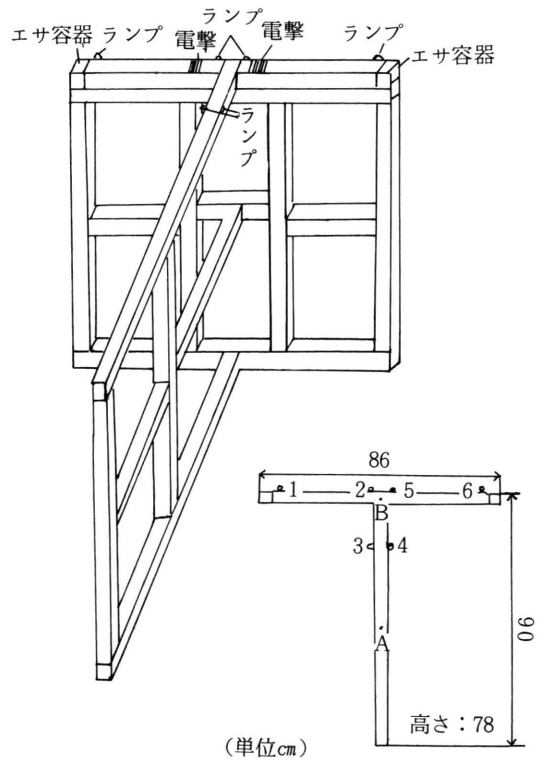


図1 高架式T字型迷路

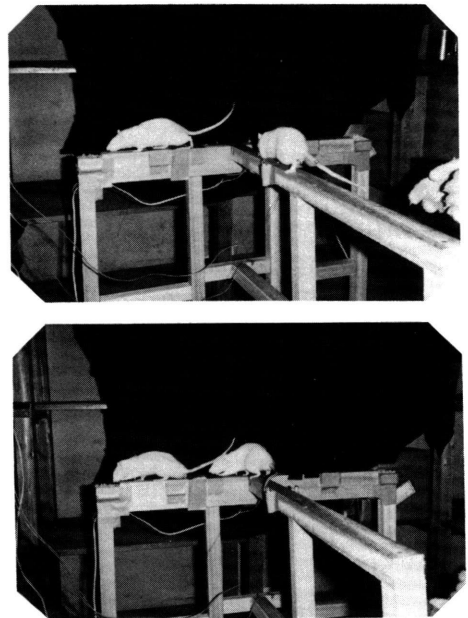


図2 実験風景

(4) 本実験Ⅰ（模倣の学習）——追従者18匹を、グループA・B・Cに分け、追従者がリーダーと同じ方向へ行った時には報酬を与えた。この時、リーダーは直ちに取り除かれ、ホームケージで報酬を受けた。尚、リーダーと逆方向へ行った場合は、罰として電撃が与えられた。それぞれの追従者は、1日10試行で15日間訓練を続けた。訓練後の餌と水は、リーダーの訓練の時と同様にした。

(5) 本実験Ⅱ（模倣による学習）——模倣の学習の後、グループA・B・Cを、AはPリーダーに追従することを続け、BはリーダーをPからDに変え追従させ、Cはリーダーなしで光を手がかりとして新しい弁別をさせた。これらは1日10試行で10日間続け、4日目、9日目、10日目をテスト日として追従者だけを走らせ光を手がかりとして弁別させた。その結果、模倣の学習と模倣による学習は、両方とも白ネズミにおいて可能であった。また、模倣による学習は、試行錯誤の学習よりもやや効果があるという傾向が証明された。

2 飼育方法、及び期間

心理学実験では、上記白ネズミを購入後3日間ほど予備飼育をした後、約1ヶ月にわたってそれぞれのグループごとに訓練、学習を行ない、その間は、45cmW×20cmD×20cmHのアルミ製ケージで個別に飼育し、飼料は毎日の学習の後に報酬として市販固型飼料（日本クレアK.K.製CA-1,粗蛋白含有量24%,351.5Cal/100g）を与え、水は自由摂取であった。飼育環境は、室温20~26°C,湿度50~70%に空調し、自然採光とした。生化学的検索のための試料としては、学習実験終了後、翌日にP群とA群の半分を屠殺し(22週令)、D、C群は35週令まで飼育(ケージ、飼料、水等は前記と同様)、A群の残りやB群は24ヶ月令まで飼育を続けていた。しかし次々と病死してしまい、24ヶ月令まで生存していたのはB群の2匹だけであった。

3 試料処理法

P群、A群の一部は学習実験終了後翌日(22週令)にドライアイスにて軽く窒息させ、体重測定後直ちに液体窒素(-196°C)に3分程浸し、組織中心部まで完全に凍結させてから取り出し密封して、-75°Cの超低温庫(k.k.荏原製作所製)に保存した。D群、C群はそれから更に13週飼育し、35週令になったものを前記のグループと同様の処理法を行ない、A群の残りやB群は24ヶ月令まで飼育を続け、生き残った2匹を前記のグループと

同様に固定し、保存しておいて順次分析に供した。

4 組織の処理法

1) 脳の摘出

凍結状態のままのネズミの頭部を切断し、鼻から頭頂部にかけて頭皮にメスを入れ、皮膚及び膜をはいで頭蓋骨を露出させる。次に、鼻のつけ根にあたる嗅脳の折にピンセットで穴をあけ、そこから頭蓋骨をこじあけて、脳組織に傷をつけないように注意しながらニッパーを用いて骨を取り除き、硬膜をはいで脳組織(大脳、小脳)を残さないように取り出し、別々に重量既知のガラス製ホモジナイザーカップに入れる。(この間、組織をなるべく冷温の状態に保つよう行なう。)

2) 試料液の抽出

① 摘出した大脳及び小脳はそれぞれ湿重量を測定後、手早く氷冷の0.4N-HClO₄(過塩素酸、以後PCAと略す)を用いて、約10%のホモジェネートを作る。(酸処理中は可及的に冷温を保つ)ホモジェネートは冷却型遠心分離機(k.k.島津製作所製CPR-005型)を用いて、4°C 4000r.p.m.で10分間遠沈して上清を共栓付試験管に取り、氷冷しておく。

② 沈渣に再び0.4N-PCAを少量加え、充分ミキシングし、①と同様に遠沈して上清を取る。

この操作を3~4回繰り返し、得られた上清を①に合わせ、氷冷しておく。

③ 合わせた上清は、5N-KOHで中和し、2時間以上氷冷した後、遠沈して得られた上清をpH2.2のクエン酸リチウム緩衝液でpHをコントロールし、酸可溶性分画としてアミノ酸分析のための試料とした。

④ 酸可溶性分画を取った②の沈渣は直ちに95%エタノールで2回洗浄し、PCAを可及的に取り除き、5mlのエタノール、エーテル混液(3:1)を加えて40~50°Cの恒温槽に10分間温置した後、遠沈して脂質を除く。

⑤ 脂質を除去した沈渣に、約3mlの0.3N-KOHを加え37°C,17時間恒温槽に温置し、その後充分氷冷しながら60%-PCAで中和し、遠沈して上清をリボ核酸(以後RNAと略す)測定の試料とした。

⑥ RNAの分画を取り除いた沈渣に、4%-PCAを約2ml加え、アルミ箔でふたをして、90°C,15分間恒温槽で加熱する。その後冷却して遠沈し、上清をデオキシリボ核酸(以後DNAと略す)の測定用試料とした。

6 試料の分析方法

- ① 酸可溶性分画は、脳内遊離アミノ酸試料として一定量を取り、高速液体クロマトグラフ（日本分光製、TWINCLE, UP-200, SP-024-2）アミノ酸分析システム（蛍光検出器：FP-110, 波長：Ex365, Em455nm, 感度：×10, ×4, カラム：AApak, 溶離液：Lithium Citrate Buffer, 流量：0.6ml/min, 圧力：150kg/cm², 温度：40℃, 反応液：O-Phthaldialdehyd溶液, Hypo液）を用いて各アミノ酸を定量した。Integratorは、Chromatocorder 11（SIC製）を使用した。
- ② 核酸の定量は、RNAをSchmidt-Thannhauser Schneider法（S-T-S法）、DNAをBurtonの変法で行なった。

実験結果及び考察

被験ネズミ24匹の個別データは、表2の通りである。

実験開始時には6グループ33匹であったが、心理学実験「模倣の学習」の訓練終了後脳組織の固定に時差をつけているうちに死亡したものがあり、5グループ24匹となった。P₁₋₅（右へ行く学習をした先導ネズミ）群、P₆₋₁₀（左へ行く学習をした先導ネズミ）群、A₁₋₃（追従ネズミ）群は学習訓練終了後、直ちに脳組織を固定したので生後22週令である。一方、D₁₋₅（光を学習した先導ネズミ）群とC₁₋₆（追従ネズミ）群は、学習訓練終了後から13週そのまま飼育を続け、生後35週令となつてから脳組織を固定したものである。

表3は、22週令時と35週令時のデータを対比させてまとめたものである。その間の差を検定してみると、35週令のネズミの体重は、22週令時のそれより平均130g増加していたが、脳湿重量では大脳、小脳共にわずかに増加がみられる程度で、核酸のDNAは大脳、小脳共に35週令では減少（大脳19.0%^{**}、小脳4.2%^{*}）している。しかし、RNAの方は大脳、小脳共に35週令時の方が増加（大脳5.4%^{*}、小脳8.0%^{*}）しており、脳内遊離アミノ酸量（総F.A.A.）も大脳、小脳共に増加（大脳18.5%^{*}、小脳11.3%^{*}）していることが認められた。これらの減少、増加は、いずれも有意の差（ $P < 0.05$, $P < 0.01$ ）であった。今回の実験開始時の被験白ネズミは、18週令の雄の成熟白ネズミであったのでもはや脳重量の増加や神経細胞数の増加はないであろうと予想していたのであるが、35週令でDNAの減少がみられたということ

は（DNA量が一定組織中にある細胞数の指標として用いられることから）、大脳、小脳中の細胞数が減っているとみなし得るわけである。一方、RNAの方は学習の訓練を終了した後13週間何もしないでいたにもかかわらず増加しており、また総F.A.A.も増加している。このことは、細胞質内での蛋白質合成能が低下していないとみられる。

そこで、心理学実験での模倣の学習時の個々の成績表1と表2及び図3に示した生化学的分析値とを対比させてみると、学習訓練終了直後に脳組織を固定した22週令では、P₁₋₅群の中ではP₁が最も早く学習を完成させたが、あとの4匹は普通の成績であった。P₆₋₁₀の中では、P₁₀が最も早く、P₈は学習の完成が遅かったが、あとの3匹は普通の成績であった。A₁₋₃群では、A₂がやや不安定ではかば普通の成績であった。このことと、F.A.A.の中で脳の精神活動と比較的密接に関係するといわれるアスパラギン酸・グルタミン酸（以上は神経細胞に対する興奮性物質といわれている。）グルタミン（アンモニアレベルを調節する。）タウリン、グリシン、γ-アミノ酪酸（以上は神経細胞に対する抑制性物質といわれている）この6種のF.A.A.との関係をみると図3のようになる。即ち、P₁は、P₁₋₅群の中で総F.A.A.量も多く、前記の6種のアミノ酸濃度も高い。しかし、P₆₋₁₀群でよい成績を示したP₁₀は、特に高濃度という関係はなかった。P₈は成績がよくなかったにもかかわらず、総F.A.A.量は平均値近くを含んでおり、6種のアミノ酸濃度も特に低いということもなかった。A₁₋₃群では、やや不安定な成績だったA₂が総F.A.A.量も少なく、6種のアミノ酸濃度も低かった。

35週令時に脳組織を固定した方のD₁₋₅群では、D₄がやや不安定な成績だったほかは普通の成績であった。C₁₋₆群では、C₆が最も成績が良く、C₂とC₅がやや成績が悪いという状態であった。C₂の場合は、模倣の学習の方は成績良好であるが、先導者なしの試行錯誤の学習では成績が悪く、C₅はその逆で模倣の学習では成績が非常に悪いのであるが、試行錯誤の学習ではかなり良い成績を示した。総F.A.A.についてみてみると、D₁₋₅群は22週令群の総F.A.A.量よりも平均的に多く、C₁₋₆群についても特に少なかったC₂を除けばやはり多い傾向であった。C₂は総F.A.A.が極端に少なく、これが模倣による学習（試行錯誤の学習）の成績の悪いことと関係があるのかどうかは例数が少な

ラットの学習と脳内アミノ酸

表1 ラットの学習成績

Pリーダー (単位%)

N ^D	1	2	3	4	5	6	7	N ^D	1	2	3	4	5	6	7
P ₁	20	65	60	70	95	95	100	P ₆	10	30	30	65	45	85	90
P ₂	5	10	10	55	85	90	75	P ₇	15	55	50	55	45	70	80
P ₃	0	0	10	70	85	95	95	P ₈	30	5	0	50	45	25	75
P ₄	0	10	30	70	70	80	80	P ₉	50	10	20	55	55	80	95
P ₅	15	15	20	80	55	90	85	P ₁₀	50	55	85	85	95	95	100
X	8.0	20.0	26.0	69.0	78.0	90.0	87.0	X	31.0	31.0	37.0	62.0	57.0	71.0	88.0
M	5.0	10.0	20.0	70.0	85.0	90.0	85.0	M	30.0	30.0	30.0	55.0	45.0	80.0	90.0

D = 日数

N = ネーム

X = 平均値

M = ノディアン

Dリーダー (単位%)

N ^D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
D ₁	30	35	40	50	65	45	65	80	45	70	70	90	95	95	85	95	85	95
D ₂	20	15	35	40	45	50	55	50	45	50	55	50	50	60	95	95	95	100
D ₃	45	45	40	50	50	50	50	50	50	65	65	70	75	80	100	100	95	100
D ₄	20	20	35	50	50	55	50	80	55	65	70	80	85	75	100	85	65	100
D ₅	35	20	10	30	40	40	50	50	45	45	55	80	85	100	95	100	95	
X	30.0	27.0	32.0	44.0	50.0	48.0	54.0	62.0	48.0	59.0	63.0	74.0	78.0	82.0	95.0	95.0	87.0	98.8
M	30.0	20.0	35.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	45.0	65.0	65.0	80.0	85.0	80.0	95.0	95.0	95.0	100.0

※ D₅は病気の為
18日目の訓練
不可能

A群~C群 (単位%)

N ^D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A ₁	10	50	30	0	10	70	70	80	80	70	100	90	90	100	100
A ₂	0	40	20	20	0	0	0	10	20	40	50	90	90	100	100
A ₃	60	40	40	50	30	50	70	100	100	100	100	100	100	100	60
A ₄	0	40	10	10	10	90	90	90	100	100	100	90	90	90	100
A ₅	70	50	30	50	10	60	100	60	80	90	70	100	90	90	100
A ₆	80	40	0	0	30	0	30	30	20	80	80	100	90	90	100
X	36.7	43.3	21.7	21.7	15.0	45.0	60.0	61.7	66.7	80.0	83.3	95.0	91.7	95.0	93.3
M	35.0	40.0	25.0	15.0	10.0	55.0	70.0	70.0	80.0	85.0	90.0	95.0	90.0	95.0	100.0
B ₁	20	60	100	50	50	80	60	100	80	80	90	100	100	100	100
B ₁	80	60	70	70	90	100	100	80	100	90	100	100	100	100	100
B ₃	20	20	40	50	50	80	100	70	90	100	90	100	100	100	100
B ₄	50	70	70	50	60	70	100	90	90	100	100	90	100	100	100
B ₅	50	30	20	30	10	60	90	40	70	100	100	100	90	100	100
B ₆	10	30	30	40	50	70	70	100	90	100	100	100	90	100	90
X	38.3	45.0	55.0	48.3	51.7	76.7	86.7	80.0	76.7	95.0	96.7	98.3	96.7	100.0	98.3
M	35.0	45.0	55.0	50.0	50.0	75.0	95.0	85.0	90.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
C ₁	20	50	0	0	0	90	80	60	80	70	100	100	100	100	80
C ₂	50	20	10	30	10	80	90	90	100	100	90	100	100	100	90
C ₃	20	30	30	60	20	100	70	100	100	100	100	100	100	100	100
C ₄	0	0	0	0	10	50	60	60	90	90	90	100	100	100	90
C ₅	10	0	0	0	0	40	50	10	20	40	50	70	80	100	100
C ₆	30	50	0	0	0	60	80	70	90	90	90	100	80	90	100
X	21.7	25.0	6.7	15.0	6.7	70.0	71.7	65.0	80.0	81.7	86.7	95.0	93.3	98.3	93.3
M	20.0	25.0	0.0	0.0	5.0	70.0	75.0	65.0	90.0	90.0	90.0	100.0	100.0	100.0	95.0

N ^D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A ₁	90	100	90	50	100	100	50	90	20	60
A ₂	100	100	100	60	90	100	90	90	50	50
A ₃	100	100	100	50	100	90	90	90	40	30
A ₄	90	100	100	50	80	90	100	90	40	40
A ₅	100	100	100	50	90	80	80	90	50	40
A ₆	90	100	100	80	100	100	100	90	100	60
X	95.0	100.0	98.3	56.7	93.3	93.3	85.0	90.0	50.0	46.7
M	95.0	100.0	100.0	50.0	95.0	95.0	90.0	90.0	45.0	45.0
B ₁	80	100	90	90	100	100	90	100	70	100
B ₂	90	100	100	80	100	100	100	100	60	70
B ₃	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B ₄	80	70	100	80	100	90	60	100	100	90
B ₅	100	100	100	100	100	100	90	100	70	100
B ₆	100	100	100	80	100	100	100	80	100	90
X	91.7	95.0	98.3	88.3	100.0	98.3	90.0	96.7	83.3	91.7
M	95.0	100.0	100.0	85.0	100.0	100.0	95.0	100.0	85.0	95.0
C ₁	53	30	30	70	60	80	90	70	80	100
C ₂	30	60	50	50	50	50	50	50	50	50
C ₃	80	50	90	100	100	90	90	100	100	100
C ₄	80	50	60	70	100	100	90	80	100	90
C ₅	90	70	90	90	80	100	100	70	60	100
C ₆	100	100	100	90	100	90	80	80	80	90
X	71.7	60.0	70.0	78.3	81.7	85.0	83.3	75.0	78.3	88.3
M	80.0	55.0	75.0	80.0	90.0	90.0	90.0	75.0	80.0	95.0

[模倣の学習]

[模倣による学習]

いので断定はできない。

学習のことについて考察を加えると、先導ネズミを養成する訓練では、位置習性を養う学習はどのネズミも一応7日余りで完成している。早いものでは3日目というのものもある。光を手がかりにして目的地へ進む学習は少し難易度が高く、完成するのに12~13日かかっている。模倣の学習(先導ネズミに追従する学習)は6~7日で完成しているが、引き続いて行なわれた模倣による学習で

は、学習の内容によってははじめからよくできるもの(A群, B群)とそうでないもの(C群)とに分かれた。

全般的に学習の完成が文献値⁴⁾よりも早くなっているのは、誤反応の場合に与えられる電撃刺激のためと思われるが、また、電撃を嫌うネズミが行動を忌避して成績を悪くしているとも考えられる。しかし、生化学的分析値の平均的なものが学習成績に高低がみられることは、教育的見地から興味深い。即ち、教育環境や教育努力の効

表2 学習ネズミの脳重量、核酸量、遊離アミノ酸量(♂)

動物 No.	週令 体重		脳湿重量(g)		DNA(μg)		RNA(μg)		FAA(μmol)		学習成績	
	(W)	(g)	大 脳	小 脳	大 脳	小 脳	大 脳	小 脳	大 脳	小 脳		
P 群 (右)	P ₁	22	385	1.516	0.619	2286	1680	2520	1075	63.603	7.212	P ₁ ~P ₅ の中では最も成績がよい
	P ₂	22	340	1.504	0.601	2506	1671	2513	1109	37.835	13.421	
	P ₃	22	352	1.469	0.581	2045	1661	2822	930	38.291	11.470	
	P ₄	22	355	1.447	0.340	2511	1405	2525	848	41.861	5.096	
	P ₅	22	385	1.436	0.421	2246	1278	2861	972	36.901	8.375	
	平均 (SD)		363.4 (20.5)	1,474 (0.035)	0.512 (0.124)	2318.8 (195.8)	1539.0 (185.9)	2594.2 (251.5)	986.8 (106.6)	43.698 (11.285)	9.115 (3.332)	
P 群 (左)	P ₆	22	385	1.442	0.522	2510	1849	2522	1104	40.793	12.055	普通の成績
	P ₇	22	365	1.518	0.477	2520	1842	2511	960	41.072	12.266	
	P ₈	22	390	1.533	0.460	2514	1580	2966	940	43.880	12.016	P ₆ ~P ₁₀ の中で学習の完成が遅かった
	P ₉	22	385	1.493	0.492	2522	1672	3057	992	47.926	13.278	普通の成績
	P ₁₀	22	340	1.415	0.478	2552	1678	2918	958	43.942	7.508	P ₆ ~P ₁₀ の中では最も成績がよい
	平均 (SD)		373.0 (20.8)	1.480 (0.050)	0.486 (0.023)	2523.6 (16.6)	1724.2 (117.4)	2794.8 (258.9)	990.8 (66.0)	43.523 (2.879)	11.425 (2.249)	
A 群	A ₁	22	345	1.529	0.640	2351	1058	2415	1550	31.564	14.632	普通の成績
	A ₂	22	390	1.595	0.608	2400	1552	2856	1398	30.119	11.382	A ₁ ~A ₃ の中で成績が不安定
	A ₃	22	390	1.530	0.554	2508	1399	2115	1270	42.630	8.795	普通の成績
	平均 (SD)		375.0 (26.0)	1.552 (0.038)	0.601 (0.044)	2419.7 (80.3)	1336.3 (252.9)	2462.0 (372.7)	1406.0 (140.2)	34.771 (6.844)	11.603 (2.925)	
C 群	C ₁	35	560	1.525	0.624	2333	1533	2385	879	38.812	15.713	普通の成績
	C ₂	35	499	1.535	0.587	2022	1666	2520	1118	22.624	10.807	C ₁ ~C ₆ の中でやや成績が悪い
	C ₃	35	425	1.629	0.630	2037	1200	2925	1114	37.205	17.475	普通の成績
	C ₄	35	520	1.441	0.615	1995	1859	2714	1125	49.395	12.638	
	C ₅	35	490	1.506	0.535	1440	1673	3120	1689	52.103	18.615	C ₁ ~C ₆ の中でやや成績が悪い
	C ₆	35	585	1.628	0.628	1815	1540	3144	1309	50.399	12.472	C ₁ ~C ₆ の中で最も成績が良い
	平均 (SD)		511.6 (57.0)	1.544 (0.073)	0.636 (0.051)	1940.3 (296.4)	1578.5 (220.0)	2801.3 (314.4)	1205.7 (273.3)	41.756 (11.274)	14.620 (3.111)	
D 群	D ₁	35	495	1.492	0.656	2340	1331	2523	1218	54.400	10.057	普通の成績
	D ₂	35	440	1.469	0.786	2049	1487	3002	1411	48.343	12.986	
	D ₃	35	570	1.587	0.306	2054	1400	3192	900	51.779	7.220	
	D ₄	35	455	1.459	0.293	2064	1118	2526	898	56.996	5.882	D ₁ ~D ₅ の中で成績が不安定
	D ₅	35	465	1.354	0.427	1410	1671	2801	1231	44.553	5.537	普通の成績
	平均 (SD)		485.0 (51.6)	1.472 (0.083)	0.494 (0.219)	1983.4 (343.4)	1401.4 (203.3)	2808.8 (294.1)	1131.6 (225.6)	51.214 (4.912)	8.336 (3.150)	

ラットの学習と脳内アミノ酸

表3 学習ネズミ(♂)の22週令時と35週令時の平均脳重量、核酸量、遊離アミノ酸量

週令		体重(g)	脳湿重量(g)		DNA(μg)		RNA(μg)		FAA(μmol)	
			大脳	小脳	大脳	小脳	大脳	小脳	大脳	小脳
22	平均	369.8	1.494	0.523	2420.8	1563.5	2661.6	1085.1	41.571	10.577
(N=13)	(SD)	(±20.6)	(±0.050)	(±0.088)	(±150.6)	(±225.1)	(±270.9)	(±204.9)	(±8.249)	(±2.875)
35	平均	499.5	1.511	0.572	1959.9	1498.0	2804.7	1172.0	46.055	11.764
(N=11)	(SD)	(±53.7)	(±0.083)	(±0.161)	(±302.7)	(±222.0)	(±289.9)	(±243.3)	(±9.879)	(±4.424)

表4 群別脳内遊離アミノ酸濃度(単位μmol) mean±SD

アミノ酸	グループ名 脳重量(g)	P群 1~5		P群 6~10		D群		C群		A群	
		大脳	小脳	大脳	小脳	大脳	小脳	大脳	小脳	大脳	小脳
アミノ酸		1.474(0.035)	0.512(0.125)	1.480(0.050)	0.486(0.023)	1.472(0.083)	0.494(0.219)	1.544(0.073)	0.638(0.051)	1.552(0.038)	0.601(0.044)
Ô-Phosphoserine		0.073(0.027)	0.043(0.010)	0.065(0.008)	0.053(0.017)	0.066(0.014)	0.060(0.022)	0.053(0.017)	0.067(0.028)	0.045(0.012)	0.054(0.008)
Taurine		5.761(1.621)	2.641(0.546)	5.352(0.249)	3.423(0.578)	6.318(0.706)	3.332(1.336)	5.351(1.416)	3.486(0.359)	4.179(0.746)	2.874(0.064)
O-Phosphoethanolamine		1.346(0.258)	0.351(0.111)	1.266(0.049)	0.446(0.088)	1.630(0.268)	0.428(0.112)	1.294(0.383)	0.375(0.079)	0.978(0.228)	0.445(0.065)
L-Aspartic Acid		3.694(0.834)	1.582(0.482)	2.967(0.524)	2.323(0.744)	3.439(0.539)	2.194(0.568)	2.283(0.696)	2.028(0.101)	2.210(0.411)	2.046(0.391)
Hydroxy-L-proline		1.308(0.362)	0.567(0.296)	1.263(0.486)	0.645(0.142)	1.521(0.399)		1.134(0.578)	0.615(0.256)	0.595(0.519)	
L-Threonine		0.527(0.150)	0.372(0.094)	0.484(0.030)	0.470(0.117)	0.577(0.051)	0.414(0.099)	0.497(0.155)	0.502(0.042)	0.415(0.105)	0.447(0.036)
L-Serine		0.940(0.274)	0.547(0.187)	0.871(0.087)	0.637(0.148)	0.991(0.118)	0.463(0.103)	0.807(0.221)	0.507(0.052)	0.717(0.157)	0.499(0.067)
L-Asparagine											
L-Glutamic Acid		7.005(1.731)	4.248(1.055)	7.340(0.355)	5.443(1.049)	10.098(2.222)	5.530(1.949)	7.368(1.988)	5.988(0.202)	5.307(1.057)	4.827(0.465)
L-Glutamin		0.926(0.153)	0.465(0.128)	0.903(0.174)	0.639(0.192)	0.752(0.209)	0.286(0.083)	0.530(0.261)	0.274(0.035)	0.446(0.312)	0.164(0.016)
Sarcosine								4.382(2.905)			3.353(1.493)
L-a-Aminoadipic Acid		0.150(0.113)	0.215(0.120)	0.217(0.080)	0.195(0.119)	0.414(0.269)		0.190(0.126)		0.263(0.349)	
L-Proline		0.197(0.040)		0.244(0.096)	0.165(0.035)	0.211(0.064)		0.194(0.177)		0.219(0.208)	
Glycine		1.164(0.386)	1.309(0.512)	1.076(0.124)	1.659(0.261)	1.184(0.221)	1.041(0.313)	0.895(0.270)	1.746(0.089)	0.814(0.250)	1.762(0.154)
L-Alanine		0.729(0.322)	0.482(0.095)	0.903(0.205)	0.770(0.223)	0.974(0.151)	0.504(0.163)	0.746(0.207)	0.616(0.050)	0.553(0.098)	0.504(0.124)
L-Citrulline		0.032(0.020)	0.073(0.014)	0.033(0.003)	0.092(0.084)	0.066(0.047)		0.023(0.016)		0.056(0.056)	
DL-a-Amino-n-butyricAcide		0.102(0.083)	0.186(0.079)	0.090(0.033)		0.156(0.081)	0.055(0.008)	0.114(0.112)	0.067(0.035)	0.294(0.221)	0.102(0.046)
L-Valine		0.171(0.066)	0.137(0.081)	0.195(0.035)	0.181(0.039)	0.202(0.071)	0.083(0.018)	0.143(0.057)	0.114(0.024)	0.169(0.128)	0.105(0.005)
L-Cystine			0.320(0.184)	0.136(0.101)						0.104(0.010)	
L-Mothionine		0.290(0.139)	0.541(0.355)	0.368(0.126)	0.433(0.228)	0.406(0.026)	0.065(0.027)	0.347(0.206)	0.091(0.035)	0.227(0.027)	0.045(0.005)
L-Cystathionine						0.348(0.112)		0.540(0.481)			0.335(0.065)
L-Isoleucine						0.089(0.026)		0.088(0.008)			0.093(0.014)
L-Leucine		0.419(0.233)	0.847(0.426)	0.482(0.088)	0.537(0.139)	0.283(0.164)	0.162(0.044)	0.408(0.171)	0.239(0.121)	0.325(0.067)	0.172(0.019)
L-Tyrosine		0.162(0.091)	0.151(0.106)	0.201(0.074)	0.257(0.120)	0.233(0.106)	0.062(0.021)	0.187(0.099)	0.108(0.061)	0.122(0.039)	0.063(0.019)
L-Phenylalanine		0.137(0.083)	0.241(0.138)	0.146(0.032)	0.187(0.051)	0.114(0.023)	0.054(0.011)	0.104(0.040)	0.078(0.030)	0.126(0.064)	0.066(0.022)
β-Alanine		0.096(0.040)		0.127(0.034)		0.119(0.041)	0.035(0.009)	0.096(0.045)	0.057(0.028)	0.134(0.108)	0.087(0.005)
L-β-Amino-iso-butyricAcid				0.053(0.020)						0.113(0.058)	
γ-Aminobutyric Acid		3.145(0.743)	1.463(0.363)	3.418(0.519)	2.412(0.782)	3.501(0.288)	1.570(0.353)	2.914(0.872)	1.866(0.161)	2.464(0.679)	1.572(0.557)
Ethanolamine		0.501(0.259)	0.359(0.258)	0.472(0.210)	0.531(0.236)	1.106(1.233)	0.139(0.030)	0.442(0.330)	0.280(0.158)	0.356(0.124)	0.220(0.043)
Ammonium Chloride		2.900(1.050)	4.639(1.636)	3.539(1.160)	3.517(0.656)	4.034(0.941)	4.259(2.973)	3.017(0.920)	1.914(0.709)	2.695(1.703)	2.177(0.537)
DL-plus allo-?-Hydroxylysine											
L-Ornithine		0.105(0.112)	0.593(0.400)	0.176(0.127)	0.272(0.235)	0.163(0.122)		0.188(0.136)	0.196(0.172)	0.132(0.021)	0.052(0.001)
L-Lysine		0.225(0.049)	0.309(0.083)	0.262(0.068)	0.330(0.090)	0.295(0.037)	0.236(0.067)	0.200(0.066)	0.328(0.058)	0.241(0.069)	0.275(0.046)
L-I-Methylhistidine											
L-Histidine		0.097(0.042)	0.155(0.049)	0.099(0.038)	0.097(0.044)	0.136(0.061)	0.046(0.007)	0.097(0.033)	0.071(0.033)	0.125(0.073)	0.054(0.003)
L-3-Methylhistidine										0.015(0.002)	
L-Anserine		0.101(0.086)		0.200(0.129)							
L-Carnosine		0.086(0.041)		0.110(0.072)	0.151(0.151)	0.116(0.140)		0.328(0.377)		0.319(0.250)	
L-Arginine		0.245(0.105)	0.261(0.237)	0.303(0.109)	0.529(0.233)	0.268(0.083)	0.162(0.016)	0.366(0.323)	0.414(0.342)	0.350(0.199)	0.208(0.065)

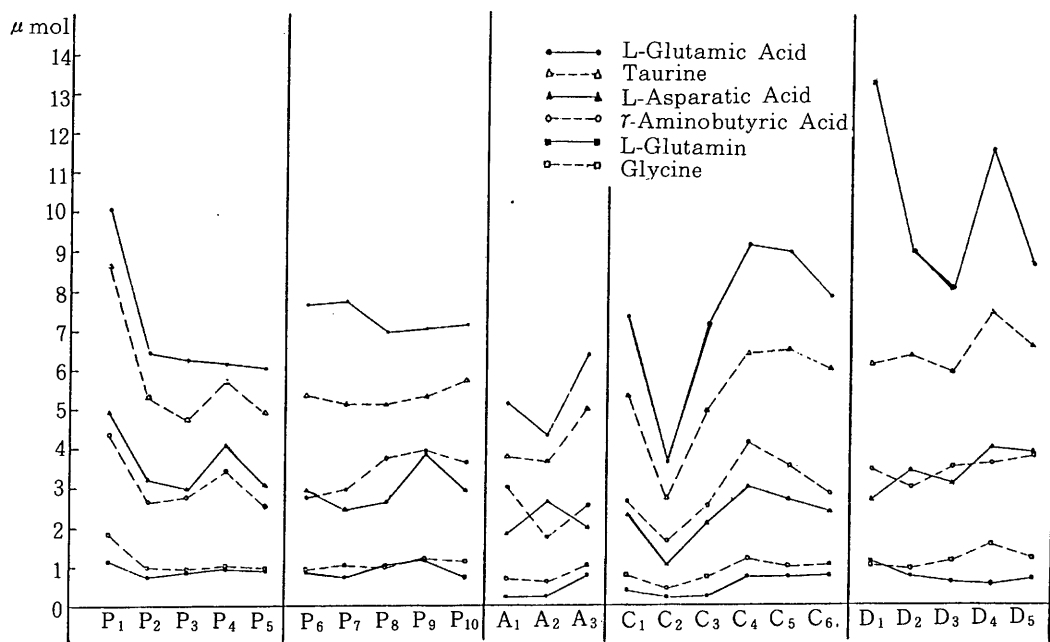


図3 6種脳内F.A.A濃度の群内比較(大脳♂)

果が期待できるということである。

今回は、非学習ネズミの試料が得られなかったので、学習による総F.A.A.や核酸のRNAの変化をみることはできなかった。

要 約

- 18週令のウィスターキング系雄白ネズミ33匹を講入し、6群に分け、心理学研究室にて動物に於ける模倣学習の研究を行なった。
- 学習の訓練に高架式T字型迷路を作製し、位置習性を学習する先導ネズミの養成にP₁₋₅ (右へ行く学習)とP₆₋₁₀ (左へ行く学習)、光を手がかりとして進む先導ネズミの養成にD₁₋₅ 群を用い、残りは6匹ずつA, B, Cの3群に分け、先の先導ネズミに追従する模倣の学習と先導ネズミを除いて行なう模倣による学習を行なった。
- 位置習性(左右の弁別)をつける先導ネズミの学習は比較的容易に完成した(3~7日)が、光を手がかりとして弁別する先導ネズミの学習は完成されにくかった。
- 模倣の学習は、それぞれ1日10試行で15日間訓練を続けたところ、A群は10日目に80%、B群は6日目に76.7%、C群は9日目に80%に達した。模倣による学習は1日10試行で10日間続け、リーダー(先導ネズミ)を変えたり、リーダーを除いたりする試行錯誤過程によって光を手がかりとして新しい弁別をさせた。その結果、模倣の学習と模倣による学習は白ネズミにおいて両方とも可能であった。
- 生化学分析の結果は、22週令時と35週令時を対比させてみたところ、22週令時に比べ35週令時には、体重が増加(平均130g増)し、脳湿重量もわずかに増加した。核酸はDNAが大脳で19.0%^{**}、小脳で4.2%^{*}減少しており、脳細胞数の減少を示している。RNAは大脳で5.4%^{*}、小脳で8.0%^{*}増加し、総脳内遊離アミノ酸量も大脳で18.5%^{*}、小脳で11.3%^{*}増えていた。体重以外は有意の差であった。(P<0.05, P<0.01)
- 心理学実験での学習成績と脳内遊離アミノ酸値(F.A.A.)との対比では、F.A.A.の中で脳の精神活動と比較的密接に関係すると言われるAsp., Glu., (神経細胞に対する興奮性物質), Gln.(アンモニアレベルの調節), Tau., Gly., GABA (神経細胞に対する抑制性物質)の6種のアミノ酸について関係をみた。学習成績のよいものがF.A.A.濃度及び総量が高い値を示すという例もあったが、例数が少ない

ので断定は避けたい。また、学習成績が不安定なものが前記の数値が低いという例も観察された。しかし特に興味深いことは、生化学的分析値の平均的なものが学習成績に高低がみられたことである。このことは教育的見地から非常に意味のあることと思われる。

謝 辞

終わりに、本研究は、昭和57年3月本学栄養学科栄養学専攻理科コース卒業の川島綾子さん、原弘子さん、昭和59年3月栄養学科栄養学専攻栄養コース卒業の井口昇子さん、鯨岡ひろ子さんに御協力いただきました。

ここに心より感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 塚田裕三他：「脳の生化学」朝倉書店（東京）1969 P169～171
- 2) A. J. Dunn & S. C. Bondy：「Functional Chemistry of The Brain」紀伊国屋書店（東京）1978 P216～226
- 3) 吉田正昭：「白ネズミにおける社会的学習」心理学研究24 1953 P13～20
- 4) YUTAKA・HARUKI & TADAYOSHI・TSUZUKI
「Learning of Imitation and Learning Through Imitation in The White Rat」動物心理学年報17 1967 P19～24
- 5) 山川民夫編：「医化学実験法講座Ⅰ巻 生体構成成分Ⅰ」中山書店（東京）1971 P55
- 6) 森 昭胤：「脳とアミノ酸」中外医学社（東京）1976 P23