

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：34504

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24730634

研究課題名(和文) ストレス状況下での動物の味・嗅覚刺激に関する学習形態について

研究課題名(英文) Associative learning for taste and olfactory stimuli in animals under stress situations

研究代表者

柁木 隆寿 (MASAKI, Takahisa)

関西学院大学・文学部・助手

研究者番号：00580226

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円、(間接経費) 660,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、味覚刺激と嗅覚刺激の感覚処理を動物がどのように行っているかを調べることであった。「甘い香り」という言葉があるように、味覚と嗅覚は別の感覚モダリティであるにも関わらず、強い関係性を持っていることが示唆されている。本研究で実施した実験では、動物が満腹状態であると、味覚刺激と嗅覚刺激を統合的に学習することが示されたが、その結果は頑健なものとは言えなかった。今後、味覚刺激や嗅覚刺激の動物への呈示方法をより洗練させた実験手続きを開発する必要性がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to explore the sensory process of taste and olfactory stimuli in the animals. Although taste and smell are different modalities of sensation, they have a strong association, as expressed in the word "sweet smell." The present experiments demonstrated that animals, compared to hungry animals, learned taste and olfactory stimuli configurally. However, those results were not robust. Further research, using more sophisticated procedures, would be required to extend the generality of this phenomenon.

研究分野：心理学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：古典的条件づけ 味覚 嗅覚 要素的处理 統合的处理 ラット

1. 研究開始当初の背景

ストレス状況下に置かれた動物の行動や学習については、非常に数多くの研究がこれまでなされてきた。心理学で特に有名なのは、学習性無力感と呼ばれる現象である (e. g., Overmier & Seligman, 1967, *Journal of Comparative and Physiological Psychology*)。これは逃避不可能な電撃をストレッサーとして動物に与えると、続く回避行動の学習の形成が阻害されるという現象である。この研究以降、電撃以外の様々なストレッサーを用いた実験、そして、回避学習のようなオペラント条件づけだけでなく、古典的条件づけの学習事態もストレスの影響を受けることを示した実験が数多く報告されてきた。

研究代表者自身も、ラットに強制水泳 (水の入ったプールの中で強制的に一定時間泳がせる) というストレッサーを与えると、その後に行われる味覚刺激と気分不快感の学習、つまり味覚嫌悪条件づけの形成が阻害される現象を確認している (Nakajima & Masaki, 2004, *Physiology & Behavior*)。さらに近年では、電撃や強制水泳といったストレッサーにより、ラットの瞬目条件づけの形成が促進されるとの報告もなされている (Shors, 2004, *Learning & Memory*)。これらストレスによる条件づけ形成の阻害・促進という現象に関しては、その生起要因や生理学的メカニズムについて多くの知見が積み重ねられている。

これまでの研究では、条件づけの形成が遅れる (阻害される)、あるいは条件づけの形成が早まる (促進される) といった、学習の量的な側面ばかりが重視されてきた。しかしながら、学習には量的な側面だけでなく、質的な側面も存在する。例えば、気分不快感を引き起こす催吐性薬物を無条件刺激 (US) として用いた場合は、視聴覚刺激よりも味覚刺激に対して嫌悪条件づけが形成されやすい (e. g., Garcia & Koelling, 1966, *Psychonomic Science*)。さらに、2種類以上の味覚刺激、あるいは嗅覚刺激と味覚刺激を同時に呈示すると、各刺激が個別に学習される場合 (要素的学習) や、これらの刺激が一つの新しい刺激として知覚され学習される場合 (統合的、あるいは形態的学習) が生ずる (e. g., Hall, 1991, *Perceptual and Associative Learning*)。そこで、本研究では、ストレスが学習の質的側面に及ぼす影響、つまり、ストレス状況下では味・嗅覚刺激に対して要素的学習と統合的 (形態的) 学習のどちらが優勢になるか、という問題について検討を行うことを目的とした。

本研究は、ストレスと学習の関係性について新しい視点をもたらすことが期待されるだけでなく、さらに、味覚・嗅覚に関する研究にも寄与することが可能である。味覚・嗅覚の研究領域における、この要素的学習 (要素的処理) と統合的学習 (統合的処理) の問

題については、主に刺激が持っている性質、すなわち刺激側の要因に焦点が当てられてきた (Wilson & Stevenson, 2006, *Learning to Smell*)。例えば、2種類の味・嗅覚刺激を用いた場合では、各刺激の構成要素が類似しているほど統合的処理がなされる、あるいは刺激の親近性が高いほど (よく知っている刺激ほど) 要素的処理がなされる、といった知見が得られている。しかしながら、このような味・嗅覚刺激の処理形態に関する、刺激を受け取る動物側の要因については、これまでほとんど検討が加えられていない。つまり、先に述べたような、ストレス状況下における動物の味・嗅覚刺激に対する学習を検討することは、同時にこの問題を扱うことにもなる。

2. 研究の目的

上記の研究背景に合わせ、具体的には以下の2つの目的を設定した。

(1) におい刺激とシヨ糖溶液を対呈示すると、ラットはそのにおい刺激に対して選好を示すようになる。このような風味選好条件づけ訓練では、におい-カロリー連合と、におい-甘味連合の両方が形成されると考えられており、獲得された選好が消去されやすいか否かを調べることで、どちらの連合が優位に機能しているかを検討することができる。本研究では、動因状態 (空腹か満腹) を操作してこの風味選好条件づけの連合過程を調べた Harris et al. (2004) の実験を追試し、現象の再現性や解釈の妥当性について検討を加えることを目的とした。そして、得られた結果を用い、電気ショックなどのストレス状況下における風味選好条件づけの連合過程を検討する実験手続きの確立を目指した。

(2) 味覚溶液摂取後にラットを回転かごで自発的に走行させると、ラットはその味覚溶液を忌避するようになる (Lett & Grant, 1996)。この現象は、味覚溶液を条件刺激 (CS)、自発的な回転かご走行を無条件刺激とした味覚嫌悪条件づけとして捉えられている。本研究では、運動性ストレスであるこの回転かご走行を無条件刺激として用いることによって、嗅覚刺激に対しても嫌悪性の条件づけの形成が可能か否かを検討した。

3. 研究の方法

(1) 実験1ではウィスター系雄ラット16匹を被験体として用いた。群構成として、1日1時間のみ摂食を可能とした空腹群と、自由摂食下においた満腹群を設置した。まず、給水制限 (1日1時間のみ給水) を施した全ラットに摂水訓練を行い、その後条件づけ訓練を行った。条件づけ訓練では各日、両群のラットに2%アーモンドエッセンスと4%シヨ糖から成る混合溶液を15分間呈示し、摂取させた。この訓練を6日間行った。その後、2%アーモンド溶液のみを呈示する消去訓練を8日間行った。条件づけ訓練最終日の翌日、

そして消去訓練中間日と、最終日の翌日に 2 瓶法（アーモンド溶液と水道水の 15 分間の呈示）によるテストを行い、アーモンド溶液に対する選好が消去されているか否かを検討した。

実験 2 では、実験 1 の空腹群と満腹群に加え、アーモンド溶液とショ糖溶液を別々にラットへ呈示する非対呈示群を設けた。なお、非対呈示群の動因状態はラット間でカウンタバランスをとった。また、訓練時の溶液呈示時間は 15 分から 8 時間へと伸ばし、より強固な条件性風味選好の獲得と消去を試みた。条件づけ訓練を 8 日間行い（対呈示はその内 4 日）、その後 15 分間の 2 瓶法テストを 1 日、そして、8 時間の 2 瓶法テストを 1 日行った。その後、消去訓練（8 時間呈示）を 4 日間行い、再び 2 瓶法によるテスト（8 時間呈示）を 6 日間行った。

実験 3 では、溶液の濃度と種類を変更した。1% ストロベリー溶液と、4% あるいは 8% のショ糖溶液を用いた。動因状態（2 種類）とショ糖溶液濃度（2 種類）の 4 群構成の実験計画とした。条件づけ訓練は 6 日間行い、各日混合溶液を 10 分間呈示した。そして、2 瓶法による消去テストを 8 日間を行った。各日、ストロベリー溶液と水道水を 10 分間同時に呈示した。

(2) 実験 1 ではウイスター系雄ラット 16 匹を被験体として用いた。全被験体に対し、体重を自由摂食時の 90% とする食餌制限を行い、回転カゴ走行の走行距離を増やすことを目指した。装置への馴化が終了した後、分化条件づけ訓練を 8 日間行った。各日、アーモンドエッセンスかバニラエッセンスのどちらかを呈示した。におい刺激の呈示方法は、回転カゴ装置のカゴ下にある床部分に、各エッセンス（5 ml）を染み込ませたペーパータオルを置くことであった。被験体の半数は、アーモンドエッセンスが呈示された日は、その刺激が呈示されている中で 30 分間の自発的な回転カゴ走行が許された。バニラエッセンスが呈示された日は、回転カゴにロックがされており、走行不可能状態で、30 分間そのにおい刺激が呈示された。残りの被験体は、これとは逆の手続きを受けた。分化条件づけ訓練が終了した後に、テストを行った。テストでは幅 80 cm、奥行き 30 cm、高さ 30 cm の実験箱の両端に、各エッセンスを染み込ませた綿が入った金網状の金属製容器を置いた。この実験箱にラットを入れ、各側への滞在時間を測定した。

実験 2 では分化条件づけ訓練を行う前に、8 日間、回転カゴでの自発的走行をラットに行わせた。この処置により、訓練時の回転カゴ走行数の増加、および、形成される条件反応の性質の変化（嫌悪か選好）を検討した。

実験 3 では、被験体間要因により、におい刺激に対する回転カゴ走行を US とした条件づけの形成を目指した。条件づけ訓練は 8

日間行った。アーモンドエッセンスが呈示された日、実験群のラットは 30 分間の回転カゴ走行が許可されたが、統制群のラットは回転カゴにロックがかかっており、走行不可能であった。別の日は、におい刺激が呈示されていない中で、統制群は 30 分間の走行を行わせ、実験群は走行不可能状態とした。条件づけ訓練終了日の翌日に、実験箱の片側におい刺激が入った金属容器を置き、滞在時間を測定した。

4. 研究成果

(1) 実験 1 の結果を図 1 に表す。上部パネルが各訓練時の結果を示している。条件づけ訓練時初期には、満腹群のラットの方が混合溶液を多く摂取していたが、条件づけ訓練後半には、両群の摂取量は等しくなり、同程度の条件づけが生じているとみなすことができた。しかしながら、下部パネルの 2 瓶法テスト 1 日目 (t1) の結果を見ると、空腹群のラットの方により強いアーモンド溶液に対する選好が形成されていることが認められた（統計的有意差あり）。消去訓練時においては、空腹群の方が満腹群よりアーモンド溶液摂取量は低かったが、2 瓶法テストにおいては両群の違いは認められなかった。つまり、動因状態によるアーモンド溶液選好の消去の違いは生じなかった。

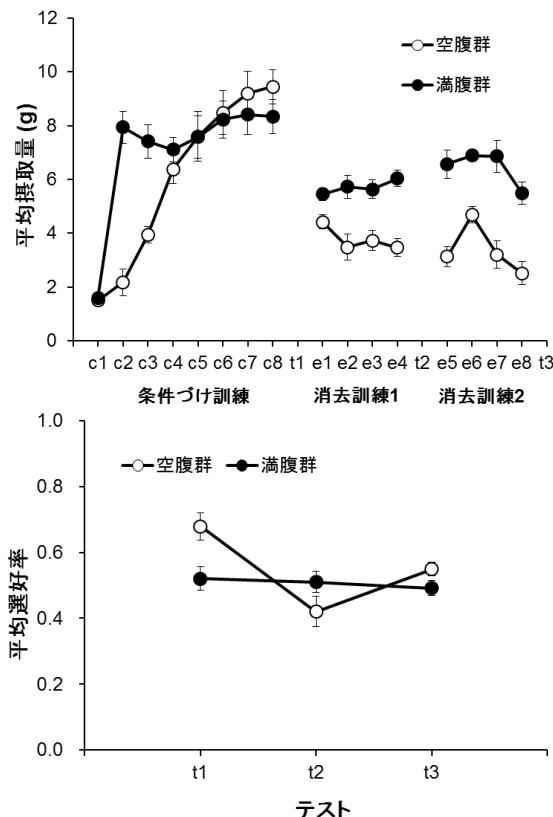


図 1 実験 1 の結果 上部パネルは条件づけ訓練、消去訓練時の平均溶液摂取量（エラーバーは標準誤差）、下部パネルは各テストにおけるアーモンド溶液選好率。

実験2の結果を図2に表す。上部パネルが各訓練時の結果、下部パネルがテスト時の結果を示している。条件づけ訓練時の結果、および2瓶法テスト時の結果を見ると、統制群に比べて、空腹群と満腹群の混合溶液摂取量、アーモンド溶液選好率が高いことが認められ、統計的な支持も得られた。しかしながら、実験1と同様に、テストにおいては空腹群と満腹群の間にアーモンド選好率の違いは認められなかった。

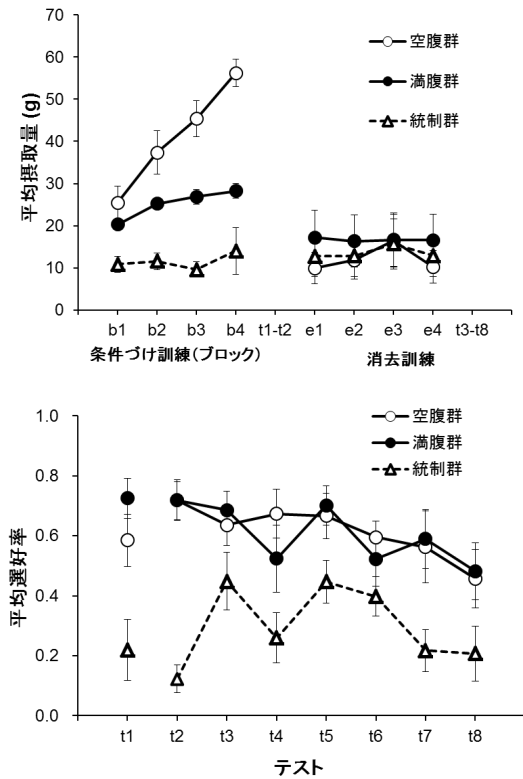


図2 実験2の結果。上部パネルは条件づけ訓練、消去訓練時の平均溶液摂取量（エラーバーは標準誤差）。下部パネルは各テストにおけるアーモンド溶液選好率。

実験3の結果を図3に表す。上部パネルが条件づけ訓練時の結果、下部パネルがテストの結果を示している。条件づけ訓練時の4日目、6日目において、空腹群の混合溶液摂取量が満腹群より多くなっているが、条件づけを通してみると各群に違いはなかった。4%のショ糖混合溶液で条件づけを行ったラットのテスト結果は、テスト6日目、7日目において満腹群の選好率が空腹群より統計的に有意に高い、というものであった。8%のショ糖混合溶液で条件づけを行ったラットでは、テスト5日目、6日目、そして7日目において、満腹群の方が空腹群より選好率が統計的に有意に高かった。つまり、満腹群では消去が生じておらず、ラットがにおい刺激と味覚刺激を統合的に学習していたことが示唆された。

実験1, 2, 3の結果を合わせると、過去研究で得られているような、満腹群におけるにおい刺激と味覚刺激の統合的処理、空腹群におけるにおい刺激と味覚刺激の要素的処理を示す結果を得ることは、比較的困難であると考えられる。ここで報告した3つの実験以外にも、同様の試みを行っているが安定した結果を得ることはできていない。実験3の結果から、条件づけ時のUS強度（ショ糖溶液の濃度）を強くすることで、消去時の選好率の違いが明確に出ることが示唆される。しかし、におい刺激の濃度、溶液呈示時間、訓練日時などの変数も結果に影響を与えていると考えられる。今後の実験では、より安定した摂水行動を形成した後に、条件づけ訓練、消去訓練を行う必要があるだろう。それにより、ストレス状況下でも安定した摂水行動を動物が行うことができ、要素的学習、および統合的学習の検討を行うことが可能となる。

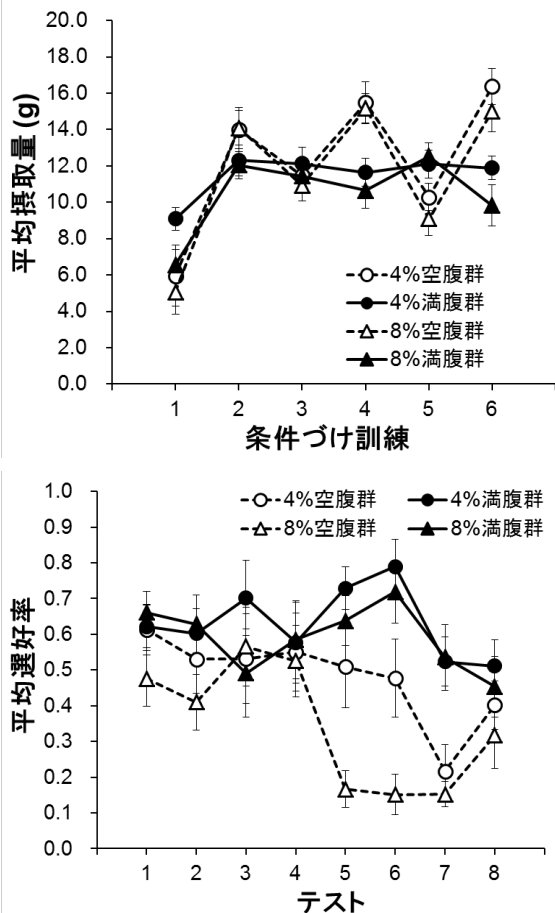


図3 実験3の結果。上部パネルは条件づけ訓練時の平均溶液摂取量（エラーバーは標準誤差）。下部パネルはテストにおけるストロベリー溶液選好率。

(2) 実験1の結果を図4に表す。条件づけ訓練時、アーモンド呈示中に30分間の走行を行ったラット（ア走行群）は、パニラよ

りもアーモンド側で滞在している時間が少ない。一方、バニラ呈示中に 30 分間の走行を行ったラット（バ走行群）では、アーモンドよりバニラ側での滞在時間が少ない。しかしながら、これらの差に統計的な支持は得られなかった。つまり、ラットは走行中に呈示されているのに対して、嫌悪や選好を示すことはなかった。

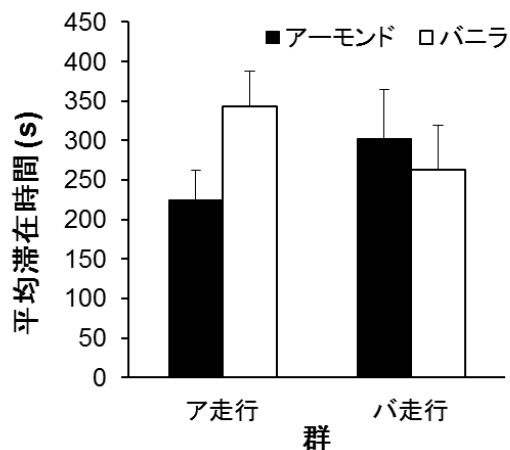


図 4 実験 1 の結果 .各におい刺激の側にラットが滞在していた時間を示す。

実験 2 の結果を図 5 に表す。両群において、バニラ側への滞在時間が多くなり、条件づけの形成は認められなかった。

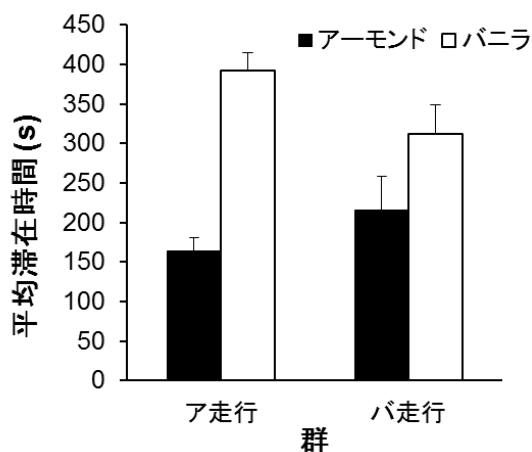


図 5 実験 2 の結果 .各におい刺激の側にラットが滞在していた時間を示す。

実験 3 では、実験群、統制群ともに、におい刺激とは逆側に滞在する時間が多く、両群に違いは認められなかった。つまり、におい刺激に対する条件づけの形成は認められなかった。

3 つの実験をまとめると、におい刺激に対しては、味覚刺激や文脈刺激で確認されているような、回転カゴ走行を US とした条件づけの形成が困難であることが考えられる。し

かしながら、本研究でのにおい刺激呈示方法は簡便なものであった。今後、におい刺激を一定時間ごとに機械で放出するような、より統制された実験方法に変えて、検討する必要がある。現時点であまり明確となっていない嗅覚刺激に対する様々な学習形態を調べるためには、本研究のような条件づけの手法を用いた試みが有効であると考えられる。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 4 件)

Takahisa Masaki, Ryoji Nishiyama and Takatoshi Nagaishi. Asymmetry of generalization decrement in human contingency learning: use of a negative feature and a negative or positive outcome. XXV International Spanish Society for Comparative Psychology, Sept. 12, 2013 San Sebastian, Spain

Takahisa Masaki. The simultaneous conditioning with a flavor cue as a CS and wheel running as a US in rats. The 121st Annual Convention of the American Psychological Association, Aug. 4, 2013. Honolulu, Hawaii

Takahisa Masaki. Effects of motivational states on acquisition and extinction of conditioned flavor preference in rats. The 2nd Joint meeting of the Spanish Society for Comparative Psychology and the International Society for Comparative Psychology, Sept. 13, 2012. Jaen, Spain

柁木隆寿. ラットの風味選好条件づけの獲得と消去に及ぼす動因状態の影響について. 日本動物心理学会第 72 回大会, 2012 年 5 月 12 日, 関西学院大学

〔図書〕(計 1 件)

鈴木まや・柁木隆寿(監訳). フレグランスジャーナル社. 「においオブジェクト」を学ぶ 神経生物学から行動科学が示すにおいの知覚 . 2012 年 . 400 頁

6 . 研究組織

(1)研究代表者

柁木 隆寿 (MASAKI, Takahisa)

関西学院大学・文学部・契約助手

研究者番号 : 00580226

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし