

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 16 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24530931

研究課題名(和文)水泳によって生じる味覚嫌悪学習の普遍性・頑健性に関する研究

研究課題名(英文)Study on the generality and robustness of swimming-base taste aversion learning

研究代表者

中島 定彦 (NAKAJIMA, Sadahiko)

関西学院大学・文学部・教授

研究者番号：40299045

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)： 走行や水泳は、そうした運動の直前に摂取した味(例えば、サッカリン溶液)を避ける学習をラットにもたらす。走行性味覚嫌悪は多くの研究室で多様な手続きにより実証されているが、水泳性味覚嫌悪は十分に確立されていない。本研究は、この2種類の学習に異なる生理的過程が作用していることを示した。また、水泳性味覚嫌悪を他種(マウス)で示すことは困難であるなど、この学習の普遍性と頑健性での限界が明らかとなった。なお、主要な付随的研究成果は以下の通り。(1)水温の違いは水泳性味覚嫌悪にほとんど影響しない。(2)味つき水で泳ぐとその味に弱い嫌悪が形成される。(3)走行性味覚嫌悪には内臓不快感(吐き気)が関与する。

研究成果の概要(英文)：Running in an activity wheel or swimming in a water pool yields learned avoidance of the taste substance (e.g., saccharin solution) consumed before the activity in the laboratory rat. Although running-based taste aversion has been demonstrated in many laboratories with a variety of procedures, swimming-based taste aversion is not fully established. The present research suggested that different physiological processes are involved in running- and swimming-based taste aversions. Furthermore, it revealed that the generality and robustness of swimming-based taste aversion are limited, because this learning is hard to detect in other species (i.e., mice). Collateral findings with rats include: (1) water temperature has little effect on swimming-based taste aversion, (2) swimming in flavored water results in weak avoidance of that flavor, (3) gastrointestinal discomfort (i.e., nausea) mediates running-based taste aversion.

研究分野：心理学

キーワード：味覚嫌悪学習 条件づけ 運動 水泳 走行 系統差 マウス ラット

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 味覚嫌悪学習

飲食物に関する嗜好は過去経験の影響を受ける。例えば、ある味の物を摂取した後に気分不快感を覚えると、その味に対する嫌悪が形成され、以後その味を忌避するようになる。これは味覚嫌悪学習と呼ばれる連合学習の一種で、半世紀以上に及ぶ研究の蓄積がある。味覚嫌悪学習では、主としてラットを被験体とした実験が数多く行われてきた。

### (2) 運動性味覚嫌悪学習

味覚嫌悪学習では、薬物注射により気分不快感を生じさせることが一般的である。しかし、カナダの心理学者 Lett & Grant (1996) は、走行運動によっても味覚嫌悪学習が生じることを報告した。具体的には、摂水制限を施したラットに味覚溶液を飲ませた後、回転カゴで自由に走行させる。その結果、ラットはその味覚溶液を忌避するようになる。この現象(走行性味覚嫌悪学習)は、ヒトの神経性食欲不振症のうち、過運動により引き起こされるものに類似しているため、そうした疾病の動物モデルの1つとして位置づけられ、この現象の研究が臨床応用に資する可能性も論じられてきた。

また、研究代表者(中島)らは、味覚溶液の摂取後に水槽で泳がせるという手続きによっても、味覚嫌悪学習が生じることを発見し、この水泳性味覚嫌悪学習の性質についても研究してきた。なお、走行性味覚嫌悪学習と水泳性味覚嫌悪学習を運動性味覚嫌悪学習と呼び、薬物などによって引き起こされる通常の味覚嫌悪学習と区別する。

## 2. 研究の目的

### (1) 運動性味覚嫌悪学習を研究する利点

運動性味覚嫌悪学習の実験手法は、従来の味覚嫌悪学習のように薬物の注射や放射線照射といった特殊な実験技術を必要としない。溶液呈示用のボトルと摂取量計測用の電子天秤、回転カゴか水槽(ゴミバケツ)があればよい。このため、運動性味覚嫌悪学習は連合学習の研究を行う上で優れたツールであり、連合学習の脳機能解明や薬理効果テストのための道具としても使用できるなど、実験系として適用可能性が高い。

### (2) 運動性味覚嫌悪学習の普遍性と頑健性

運動性味覚嫌悪学習のうち走行性味覚嫌悪学習については、複数の研究チームから報告があるが、水泳性味覚嫌悪学習については研究代表者(中島)の研究室以外からの報告がまだない。発見からあまり年数が経過していないためよく知られていないことが原因であろうが、現象そのものが走行性嫌悪学習に比べて頑健でない可能性もある。そこで、本研究では、水泳性味覚嫌悪学習の普遍性・頑健性を検討する。

本研究では、運動性味覚嫌悪学習における

ラットの系統差が見られるか否かを確認める。また、種間の普遍性を確認するため、マウスを被験体として運動性味覚嫌悪学習が成立するかを検討する。さらに、水泳性味覚嫌悪学習をより簡便かつ頑健に生じさせる手続きを探る。具体的には、水槽の水温の効果と、味覚溶液の中で泳がせるという技法の有効性を検討する。これらの実験を通して、水泳性味覚嫌悪学習を連合学習実験の標準的な手法の1つとして確立することを研究目的とする。

## 3. 研究の方法

ラットやマウスを被験体とする味覚嫌悪学習事態で群間比較実験として実施した。標準的な手続きは、摂水制限を施した被験体に味覚溶液の入ったボトルを15分間与えた後、水槽での水泳運動を一定時間(例えば、20分間)行わせるというものである。この訓練を1日1回、数日間行い、味覚溶液の摂取量の変化を記録する。また、訓練後、味覚溶液の入ったボトルと水道水の入ったボトルを同時呈示して摂取量を測定する。水泳経験のない(または水泳経験はあるが味覚溶液と無関係に与えた)統制群のラットと比較して味覚溶液の摂取量が少なければ、味覚嫌悪学習が生じたとする。

以上の手続きを基本として、ラットやマウスの系統、水温などを変化させた。また、水泳性味覚嫌悪を形成する簡便法として、味覚溶液の入った水槽で泳がせるという手続きも実施した。

なお、比較のためいくつかの実験では、水泳ではなく走行に基づく味覚嫌悪を形成した。

## 4. 研究成果

### (1) 運動性味覚嫌悪学習のラット系統差

本事業計画以前に、ラットの走行性味覚嫌悪学習については Wistar、Sprague-Dawley、Long-Evans の3系統間で比較し、違いがないことを確認していた。本事業期間中に、Fischer、Lewis の2系統での実験を行った結果、走行性味覚嫌悪学習では系統差がない(普遍的に頑健な結果が得られる)ことを確認し、理論的に考察して、学術誌に発表した(次項〔雑誌論文〕の )。

いっぽう、水泳性味覚嫌悪学習の研究では、これまで Wistar 系ラットだけが用いられてきた。そこで、水泳性味覚嫌悪学習の普遍性を確認し、他の研究者らへの普及を促進するため、他系統のラットでの実証を計画したが、Wistar 系内でも供給業者により水泳性味覚嫌悪学習の大きさに差があることを示唆する結果が得られた。今後、供給業者間での違いが生じる原因を明らかにするために体系的実験を行う必要がある。

### (2) 走行と水泳の違い

上記の結果は、走行性味覚嫌悪学習は普遍

的で頑健だが、水泳性味覚嫌悪学習はそうではないことを意味している。いずれも運動に基づくものであるが、味覚嫌悪学習を引き起こす生理的メカニズムに違いがあることが示唆される。そこで、両学習間の転移実験を複数実施し、まとめて論文として発表した（次項〔雑誌論文〕の ）。図1はその結果の一部であり、サッカリン溶液の摂取量が少ないほど、味覚嫌悪が強いことを示す。事前に走行だけを経験しておくとその後の走行性味覚嫌悪学習が阻害される（走行運動に慣れてしまい、味覚嫌悪学習を引き起こせなくなったことによる）が、事前の水泳経験は走行性味覚嫌悪学習を阻害しない（事前処置なしの場合と同程度の溶液摂取量である）。このことは、味覚嫌悪学習を引き起こす生理的メカニズムが走行と水泳では異なることを意味している。

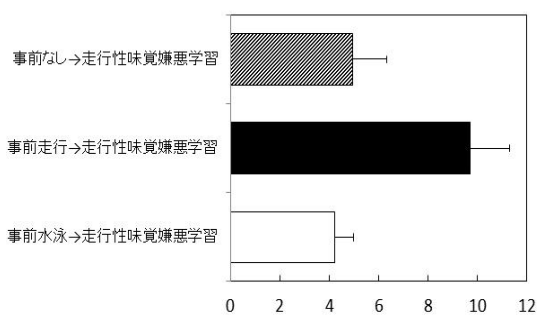


図1 訓練最終日のサッカリン溶液摂取量 (g)

### (3) 水泳性味覚嫌悪学習のマウスでの実証

マウスで水泳性味覚嫌悪が形成できるか否かを検討した。マウスはラットと比べ小さく、味覚溶液の摂取量測定が難しいため、これまで試みられていなかった。しかし、省スペースで実験できる（あるいは同じスペースであれば多くの個体を同時に実験できる）というメリットもある。また、マウスは遺伝子研究も進んでいるため、マウスで水泳性味覚嫌悪学習を頑健に示す手法を確立すれば、連合学習における遺伝的要因を探るような研究に資する。

実験手続きや装置の改善を重ねつつ3つの実験を行ったが、水泳性味覚嫌悪学習を確実に示せたとは言い難い。マウスはICRとddYの2系統を用いたが、いずれの系統でも同様であった。なお、マウスでは走行性味覚嫌悪学習も見られなかった。つまり、水泳でも走行でも頑健な味覚学習の証拠が得られなかった。

### (4) 水泳性味覚嫌悪学習における水温効果

ラットの水泳性味覚嫌悪の学習に及ぼす諸要因（水泳時間、水槽の水深、先行経験、水泳の可否、水泳までの遅延など）については研究代表者（中島）の研究室で過去に調査済みであったが、水温の効果は未検討であり、これまでは室温の水でラットを泳がせていた。本事業ではこの点を2つの実験で検討し

た。ラットの水泳時の活動性は水温の影響を受けたが、味覚嫌悪学習については水温の影響はほとんど見られなかった。

### (5) 水泳性味覚嫌悪学習の簡便法の確立

ラットを味覚溶液を飲ませてから泳がせるのではなく、味覚溶液の入った水槽で泳がせる方法でも味覚嫌悪学習が生じることを、研究代表者（中島）の研究から明らかになっている。図2はその結果の一部であるが、味覚溶液を満たした水槽で泳いだラットは、水道水を満たした水槽で泳いだラットや泳がなかったラットに比べて、テスト時に味覚溶液を回避していた。

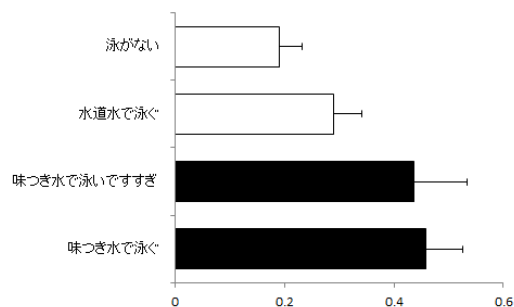


図2 テスト時の溶液嫌悪度

この方法は簡便なため、学習パラダイムとして行動薬理学や行動神経科学の研究に大いに役立つと思われる。しかし、この学習現象はあまり頑健ではない。本事業期間内にも手続きの改良（試行数の増減）を行って追試したが、従来以上に頑健な結果は得られなかった。その理由について理論的に考察した（次項〔雑誌論文〕の および〔学会発表〕の ）。

### (6) その他

上記の他に、本事業に関連して得られた成果のうち特に重要なものは以下の通りである。

事業開始前に得ていたラットの走行性味覚嫌悪学習の文脈制御に関する実験について、事業期間内に理論的に考察した（次項〔雑誌論文〕の ）。

ラットは気分不快時に異食行動を行う（粘土鉱物を食べる）ことが知られている。この習性を利用して、走行によって本当に気分不快が生じていることを、異食行動の増加という形で示すことに成功した（次項〔雑誌論文〕の および〔学会発表〕の ）。

味覚嫌悪学習では基本味（甘味・塩味・酸味・苦味・旨味）を呈する溶液およびそれら複合溶液や、粉末ジュースを溶かした風味溶液を用いることが多いが、実験に使用する新たな「味覚」として炭酸水も使用できることを示した（次項〔学会発表〕の ）。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

Nakajima, S. (2015). Prior running, but not swimming, hinders running-based taste

aversion learning in rats. *Learning and Motivation*, 51, 1–10. 査読有  
doi:10.1016/j.lmot.2015.02.003

Nakajima, S. (2015). Swimming in flavored water leads to avoidance of that flavor in laboratory rats (*Rattus norvegicus*). *International Journal of Comparative Psychology*, 28, 1-10. 査読有  
<http://escholarship.org/uc/item/4pm9z01k>

Nakajima, S., & Katayama, T. (2014). Running-based pica in rats. Evidence for the gastrointestinal discomfort hypothesis of running-based taste aversion. *Appetite*, 83, 178–184. 査読有  
doi:10.1016/j.appet.2014.08.031

Nakajima, S. (2014). Running-based taste aversion learning in five strains of rats. *Physiology & Behavior*, 123, 200–213. 査読有  
doi:10.1016/j.physbeh.2013.10.011

Hashimoto, A., & Nakajima, S. (2013). Contextual control of running-based taste aversion learning in rats. *The Psychological Record*, 63, 785–802. 査読有

〔学会発表〕(計7件)

中島定彦 ラットにおける炭酸味覚嫌悪学習. 日本基礎心理学会第33回大会, 2014年12月7日, 首都大学東京(東京都・八王子市).

Nakajima, S., & Katayama, T. Running-induced pica in rats. The 55th Annual Meeting of the Psychonomic Society, 2014年11月22日, Long Beach, California, USA.

中島定彦 摂水制限緩和ラットにおける走行性味覚嫌悪の獲得—固定回転カゴ統制群との比較—. 日本心理学会第78回大会, 2014年9月10日, 同志社大学(京都府・京都市).

Nakajima, S. Flavor avoidance learning in rats based on sugar withdrawal. The 121st Annual Convention of the American Psychological Association, 2014年8月2日, Honolulu, Hawaii, USA.

中島定彦 ラットの走行性味覚嫌悪学習における近接 US 事前呈示効果. 日本動物心理学会第73回大会, 2014年9月16日, 筑波大学(茨城県・つくば市).

中島定彦・橋本あや ラットにおける走行性味覚嫌悪の獲得と消去. 日本心理学会第77回大会, 2014年9月21日, 札幌コンベンションセンター(北海道・札幌市).

中島定彦 味覚溶液プールで水迷路学習を行うと味覚嫌悪学習は生じるか? 日本基礎心理学会第31回大会, 2012年11月3日, 九州大学(福岡県・福岡市).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

本課題に特化したホームページは作成していないが、研究代表者のブログにて本課題を含むすべての雑誌論文について日本語で内容を簡単に説明している。

<http://sadahikonakajima.cocolog-nifty.com/nakajima/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

中島 定彦 (NAKAJIMA, Sadahiko)

関西学院大学・文学部・教授

研究者番号：40299045

(2)研究分担者

なし。

(3)連携研究者

なし。