

## アカハライモリにおける同時視覚弁別学習に関する動機づけ操作の検討

木村 誠<sup>1)</sup> 谷内 通<sup>2)a)</sup>

An examination of the motivational manipulation for discrimination learning in Japanese fire-bellied newts

Makoto KIMURA<sup>1)</sup> and Tohru TANIUCHI<sup>2)a)</sup>

### Abstract

Four experiments examined the motivational manipulation for simultaneous visual discrimination learning in Japanese fire-bellied newts (*Cynops pyrrhogaster*). A total of ten female newts was trained in a simultaneous visual bright and dark discrimination task using a dry T-maze. Submersion in water was used as reinforcement for a correct response. Experiment 1 showed that the procedure used in a preceding study with red-spotted newts (Ellins, Cramer & Martin, 1982) is not effective to train Japanese fire-bellied newts. Experiment 2 showed that the procedure to dehydrate newt's skin is effective to facilitate instrumental responding of newts, and that prolonged water loss from skin threatens the health of newts. Experiments 3 and 4 suggested that the motivational level for water reinforcement could be controlled by varying the temporal length allowed for access to water during the inter-trial intervals. These results suggest that appropriate water deprivation is important to train Japanese fire-bellied newts in a discrimination task with water reinforcement.

**Keywords** newts, discrimination learning, visual discrimination, water reinforcement, T-maze

動物の学習に関する研究において、両生類を対象とした研究の歴史は古い (e.g., Seidman, 1948) にもかかわらず、両生類の学習に関する研究成果はこれまでにわずかし報告されていない (多田・竹中・柴崎他, 2009)。

一方で、動物の比較研究においては、両生類を用いた研究の重要性を示唆する結果が得られている。例えば、Bitterman (1965) は、2 刺激の弁別学習が成立するたびに正負の刺激を逆転する連続逆転を行った際の遂行成績の変化を、位置課題と視覚課題それぞれについて、サル、ラット、ハト、カメ、サカナで比較した。その結果、サル、ラット、ハトにおいては位置課

題と視覚課題について正刺激の逆転を繰り返すことを通じて課題の習得速度が次第に速くなる漸次的改善 (progressive improvement effect; PI 効果) が認められることを見出した。一方で、カメを用いた弁別逆転学習では、PI 効果は位置課題においてのみ生じ、視覚課題では生じなかった。キングョ等の硬骨魚類を用いた弁別逆転学習においては、位置課題と視覚課題のいずれにおいても PI 効果が確認されなかった。このように、連続逆転課題を媒介する学習過程については、系統発生に応じた種差が存在すると考えられた。一方、Bitterman (1965) において言及されなかった両生類については、後にブチイモリ (*Triturus viridescens*) を用いた研究によって位置課題の弁別逆転学習における PI 効果が報告された (Ellins et al., 1982)。しかしながら、爬虫類のカメにおいては PI 効果は位置課題では生じる一方で視覚課題では生じないことから、両生類においても視覚課題の連続逆転学習における PI

<sup>1)</sup> 小松短期大学  
Komatsu College

<sup>2)</sup> 金沢大学  
Kanazawa University

a) E-mail: tohruta@staff.kanazawa-u.ac.jp

効果について検討する必要があると考えられる。

両生類において視覚課題の弁別逆転学習を検討するためには、視覚刺激を用いた同時弁別学習が成立することが前提となる。両生類の視覚刺激を用いた弁別学習能力については、Jenkin & Laberge (2010) が無尾目両生類のスズガエル (*bombina orientalis*) を用いて、コオロギ (*Acheta domesticus*) の動画刺激に対する弁別学習の成立を報告している。しかしながら、Ellins et al. (1982) が用いたブチイモリが属する有尾目両生類の視覚弁別学習についてはこれまでは検討例がない。無尾目両生類と有尾目両生類のように目 (order) の水準で異なる動物種においては、共通祖先の相違が大きくなるため種間の共通性は少ないとされており (Lockard, 1971; 柴崎・石田, 2006), 無尾目両生類において得られた知見を有尾目両生類にまで一般化することは適切ではないと考えられる。したがって、Ellins et al. (1982) による位置課題の連続逆転学習の結果と比較可能なデータを得るためには、未検討である有尾目両生類における同時視覚弁別学習の成立を確認することが重要であると考えられる。

一方で、有尾目両生類を用いた研究は無尾目両生類の研究に比べて非常に少なく (柴崎・石田, 2005), 有効な訓練手続きについての知見が十分に得られているとはいえない。したがって、有尾目両生類において安定した遂行を得るための適切な強化子の選定と、強化子への動機づけを高めるための有効な訓練手続きの確立が必要である。一般的な動物では食餌制限によって飢餓動機づけの操作を行うことが多いが、両生類においては食物剥奪時間の操作による食餌行動の統制が困難であることが知られている。Goldstein (1960) は、同じ温度の条件下においては同程度の大きさの変温動物と比較して恒温動物の方が多くのエネルギーを必要とすること (Benedict, 1938) から、恒温動物は変温動物よりも同じ時間間隔においてより多くの食物を見つけた必要があるだろうと指摘している。このことから、変温動物である両生類においては、恒温動物と比較して動機づけの操作における食餌制限の有効性が低くなることが予測される。実際、Goldstein (1960) はイトミミズを餌としてブチイモリにおける餌の剥奪期間と摂食行動の関係を検討した結果、餌の剥奪期間と摂食量の関係が比例関係を示さないことを示している。この結果は、一般的な食餌制限の手続きを両生類に適用することが困難であることを示唆する。食餌性の報酬訓練を行った研究についても、クシイモリ

(*Triturus cristatus*) における変態期間中における学習の保持 (Hershkowitz & Samuel, 1973), アカハライモリ (*Cynops pyrrhogaster*) における過剰訓練逆転効果 (山本・石田・柴崎, 2005), アカハライモリにおける部分強化消去効果 (柴崎・石田, 2006), アカハライモリにおける過剰訓練消去効果 (Shibasaki & Ishida, 2012) 等が報告されている。しかしながら、両生類の1日の摂食量の少なさから、可能な訓練試行数が限定されるという問題点も指摘されている (柴崎・石田, 2006)。実際に、食餌性の報酬訓練を行ったほとんどの研究においては、1日の試行数は1-6試行に限定されている。このことから、学習の成立までに比較的多くの試行数を要する弁別学習を食餌性の強化子を用いて検討することは難しいことが予測される。食餌性の強化子以外を用いた研究もいくつか報告されている。McGill (1960) は電気ショックを負の強化子として、ヒョウガエル (*Rana pipiens*) を用いて逃避訓練を行ったが、最終的にはすべての個体が死亡したことが報告されている。Ray (1967) は温風を負の強化子としてトラフサンショウウオ (*Ambystoma tigrinum*) に対して逃避訓練を行ったが、体表が乾燥するまでの期間においては温風への接近反応が認められ、安定した遂行が得られなかった。また、Ray (1967, 1970) は明るい光を負の強化子として用いた実験においては回避反応が形成されたことを報告しているが、Schneider (1968) が幼生のサンショウウオ (*ambystoma punctatum*) を用いて行った実験においては光への強い選好を示したことが報告されており、種によって反応傾向に差異が存在することが明らかとなっている。したがって、食餌性の報酬、電気ショック、温風、明るい光は両生類の訓練において一般的に適用可能な強化子であるとは言い難い。

一方で、体表の乾燥に弱いという両生類の性質を利用し、水への接近を正の強化子とした研究が実施されてきている。Schwartz & Cogan (1977) が、トラフサンショウウオを用いて水への着水を強化子としたT迷路における位置弁別学習の成立を報告して以降、継時的負の対比効果 (Schmajuk, Segra & Ruidiaz, 1981; Papini, Muzio & Segura, 1995), 報酬量消去効果 (Muzio, Segra & Papini, 1992, 1994; Papini et al., 1995), 空間学習 (Daneri, Casanave & Muzio, 2011) などに関する研究が報告されており、水への着水を強化子とする実験手続きの有効性が確認されてきている。有尾目両生類における同時視覚弁別学習を検

討する上でも、水への着水を正の強化子とする手続きの有効性が期待できる。

本研究では、アカハライモリを被験体として、視覚同時弁別学習を成立させる実験設定に関する予備的検討として、水報酬の有効性に影響する要因を検討するための4つの実験を行った。

## 実験 1

ブチイモリにおける位置弁別学習を報告した Ellins et al. (1982) では、試行間間隔 (Inter-trial Interval; ITI) における処置として乾燥した吸水紙の上に15秒置かれた後に次の試行が行われている。この手続きでは、直近の試行において正反応が得られた場合には体表が湿った状態で次試行が開始されるため、水報酬への動因が不十分となることも予測される。そこで、実験1では、アカハライモリを被験体とした場合にも Ellins et al. (1982) の実験手続きが有効であるか検証した。

## 方法

**被験体** 静岡県の浜松生物教材株式会社より購入した実験経験のないメスのアカハライモリ4匹を被験体として用いた。体長は約10cmであった。体重は測定しなかった。

**装置** 装置の大きさと構造の概要において Ellins et al. (1982) に準じて作成した T 迷路を使用した。装置は灰色塩化ビニール製であった。アームまでの走路部分は、長さ30cm、幅9cm、高さ7.5cmであり、各アームは長さ23cm、幅9cm、高さ7.5cmであった。各アームには視覚刺激として着脱可能なトンネルが設置された。トンネルは長さ11cm、幅8.5cm、高さ7.5cmであり、天井と壁面と床のすべてが黒色の塩ビ板で構成された暗トンネルと、壁面と床が白色で天井が透明の塩ビ板の明トンネルの2種類が用いられた。トンネル内の照度は、明トンネルの中央で約260lx、暗トンネルの中央で約30lxであった。各アームの先端部分の床(長さ7.5cm、幅9cm)は実験者の操作によって開放することが可能であった。開放されたアームの床の下には、長さ17.5cm、幅10.5cm、高さ11cmの透明な樹脂製の水槽が配置されており、深さ4cmまで汲み置ききの水道水で満たされていた。誤反応に割り当てられたアームの下部に設置された水槽には同様に水道水が入れられていたが、水面から2cm上方に塩化ビニール製の黒色の網が設置された。装置の上方約2mから40Wの蛍光灯により照明した。

**手続き** 被験体は2匹ずつ明条件と暗条件のそれぞれに割り当てられた。明条件においては白色のトンネルが配置されたアーム、暗条件においては黒色のトンネルが配置されたアームを選択することを正反応とした。2種類のトンネルの各アームへの割付は Fellows 系列 (Fellows, 1967) によって決定した。訓練の開始に先立って、被験体は飼育用の水槽から待機ケージへと移され、脱水手続きを受けた。待機ケージは17.5cm、幅10.5cm、高さ11cmの透明な樹脂製の容器であり、床には吸水性のキッチンペーパーが敷かれていた。被験体の体表をキッチンペーパーで軽く拭き取った後に待機ケージに戻した。試行の開始時に被験体は待機ケージからピンセットで取り出され、出発地点に置かれた。被験体の両方の後肢が左右いずれかのトンネルから出た時点でその刺激に対する反応とみなした。正反応、誤反応いずれの場合もアーム先端の床が開放され、被験体は下部に設置されている水槽に入れられた。正反応の場合には水槽に満たされた水に3分間入ることが出来た。一方、誤反応の場合には水槽に設置された網に3分間置かれ、水に入ることができなかった。その後の ITI においては、反応の正誤にかかわらずキッチンペーパーの敷かれた水槽に15秒間置かれた後、次試行に移った。1日に1セッション12試行を行った。Ellins et al. (1982) においては、1日10試行のうち8試行以上の正反応を1回示すことを学習基準としていた。しかしながら、Ellins et al. (1982) の学習基準(8/10)は二項検定において有意とならない( $p = .055$ , 片側)ことから、被験体が偶然に学習基準を達成する可能性が指摘できる。そこで本研究においては、2セッション24試行を1ブロックとして2ブロック連続で75%の正反応を得ること( $p = .0001$ , 片側)を学習基準とした。なお、試行開始から5分間が経過した段階で弁別反応が生じない場合には、被験体の尾をピンセットで軽く押し、正刺激へと誘導した。この場合には、正反応と同様に水の入った水槽に3分間入ることができたが、無反応試行として正反応率の計算からは除外した。

## 結果および考察

Figure 1 に習得訓練の結果を示した。16日間の訓練を行ったが、いずれの個体も学習基準に達しなかった。最終2ブロックにおける48試行の成績について二項検定を行った結果、いずれの個体においてもチャンスレベルを有意に超える遂行は認められなかった(イモリ A:  $p = .439$ , イモリ B:  $p = .298$ , イモリ C:  $p = .568$ ,

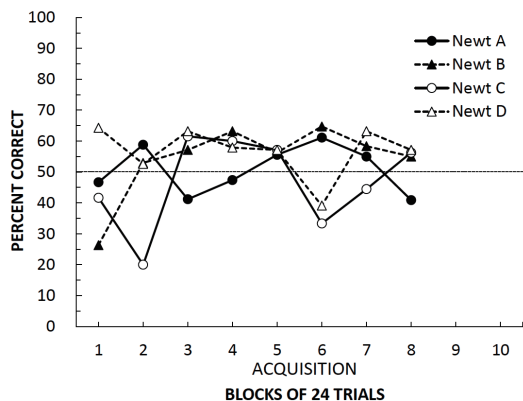


Figure 1 Percent of correct responses during acquisition training in experiment 1. Dashed line indicates chance level (50%). Learning criterion was more than 75% correct in two successive blocks. Newts trained in dark condition are identified by closed symbols and bright condition by open symbols.

イモリ D:  $p=.134$ , 片側)。このことから, Ellins et al. (1982) の実験手続きは, アカハライモリにおける視覚課題を用いた同時弁別課題の訓練には有効ではないことが示唆された。実験 1 で用いた手続きでは, 直前の試行で水報酬を受けたイモリは腹部を除いて体表が湿った状態で次試行に移行することとなるため, 水報酬への動機づけが不十分であった可能性が考えられる。また, 本研究ではアカハライモリを被験体として用いたが, Ellins et al. (1982) の実験においてはブチイモリが使用されていたことから, 実験に用いられた動物種の差異が弁別学習の遂行成績に影響を与えた可能性も考えられる。柴崎・石田 (2005) は, 水への依存度にはかなりの種間差があると考えられることから, 食餌性の報酬に代わる正の強化子としての水の有効性を両生類一般に適用することについては慎重になるべきであると指摘している。本研究で用いたアカハライモリは半水棲であったが, Ellins et al. (1982) が用いたブチイモリは, 幼体の段階では完全な陸棲を示すが被験体になると水棲へと移行することが知られている。したがって, アカハライモリと比較してブチイモリの成体は水への依存度が高いことが予測される。アカハライモリはブチイモリの成体よりも水への依存度が低いため, Ellins et al. (1982) の訓練手続きがアカハライモリには有効ではなかった可能性が考えられる。

## 実験 2

実験 1 で用いた手続きでは, アカハライモリの体表からの脱水による水報酬に対する動機づけ操作が不十分であった可能性が考えられた。ヒキガエル (*Rhinella arenarum*) を用いた研究においては, 試行の開始前に体表の脱水手続きを実施することによって, 水報酬への動因を高めることが可能であることが示唆されている (Daneri et al., 2011)。このことから, 実験 2 では, 試行の開始前に被験体の体表から水分を剥奪する脱水手続きを導入することとした。体表の脱水手続きによって, 同時視覚弁別課題における水報酬の強化効果が向上することが期待される。

### 方法

**被験体** 静岡県の浜松生物教材株式会社より購入した実験経験のないメスのアカハライモリ 2 匹を被験体として用いた。体長は約 10 cm であった。体重は測定しなかった。

**装置** 実験 1 と同様の装置を用いた。ただし, 照明については一部変更を行った。明条件, 暗条件におけるトンネル内の照度差を拡大することで明暗弁別を容易にすることを目的として, 装置の上方約 2 m に設置された 40 W の蛍光灯に加えて, 各アームの上部約 30cm より 22W のデスクライトの蛍光灯による照明を行った。トンネル内の照度は, 明トンネルの中央で約 4200lx, 暗トンネルの中央で約 400lx であった。

**手続き** 被験体は 1 匹ずつ明条件と暗条件のそれぞれに割り当てられた。ITI における手続きを除き, 実験手続きは実験 1 と同じであった。約 5 分間の ITI において, 正反応の場合には, 待機ケージに 4 分間置かれた後, 1 分間の脱水手続きを受けた後に次の試行に移った。脱水手続きとして, クルミの殻を破碎したウォールナツサンドをアカハライモリの体表に繰り返しまぶすことにより体表の水分を除去した。誤反応の場合には, 待機ケージに 5 分間置かれた後に次試行へと移った。1 日に 1 セッション 12 試行を行った。学習基準については実験 1 と同じであった。

### 結果および考察

Figure 2 に各個体の習得訓練における遂行成績を示した。イモリ E は 4 ブロックで学習基準に達した。また, イモリ F は第 3 ブロックにおいて 75% の正反応を示しており, イモリ E と同様に速やかな習得が示唆された。最終 2 ブロックにおける 48 試行の成績について二項検定を行った結果, いずれの個体においても

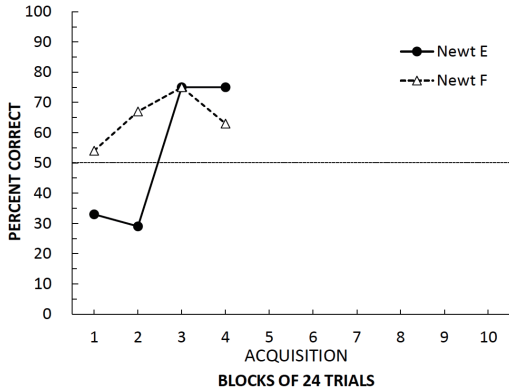


Figure 2 Percent of correct responses during acquisition training in experiment 2. Dashed line indicates chance level (50%). Learning criterion was more than 75% correct in two successive blocks. Newts trained in dark condition are identified by closed symbol and bright condition by open symbol.

チャンスレベルを有意に超える遂行が認められた (イモリ E:  $p=.001$ , イモリ F:  $p=.012$ , 片側)。しかしながら、イモリ E は第 3 ブロックにおいて体の大ききの減少と後肢の損傷を示し、第 4 ブロック終了後に死亡した。イモリ E が死亡したことから、本実験手続きは被験体の健康にとって負担が大きく不適切であると判断し、実験を中止した。

実験 1 とは異なり、両個体の正反応率が速やかに上昇したことから、実験 2 で用いた体表の脱水手続きは水報酬への動機づけを高め、視覚弁別課題の習得を促進することが示唆された。一方で、1 匹の個体が死亡したという結果から、被験体の健康を維持するための手続き上の改善の必要性が示された。

実験 2 で用いた手続きにおいては、誤反応が連続して生じた場合に、被験体は長時間の乾燥状態に置かれることとなる。死亡したイモリ E の体の大ききの減少および後肢の損傷は、体表の乾燥が長時間続いたことが原因の一つであると考えられる。正反応時のみ着水が可能となるという手続きは、水報酬への動機づけを高める効果が期待できる一方で、被験体の健康に対して過度な負担を与えるものであったと考えられる。したがって、被験体の健康への負担を軽減するためには、水報酬が与えられない誤反応後の ITI における処置について再検討する必要があると考えられる。

### 実験 3

実験 2 では、体表の脱水による水報酬に対する動機づけを維持しつつ被験体の健康を維持するための改善が必要であることが示された。実験 3 では、誤反応が連続した場合に体表の乾燥状態が長時間続くことを防ぐため、選択反応の正誤にかかわらず、ITI 中に十分な長さの着水を許し、試行開始の直前に脱水処置を施す手続きについて検討した。また、脱水手続きについては、実験 2 で使用したウォールナツサンドの代わりに、粒の直径が大きいセラミックサンドを用いることとした。セラミックサンドは直径約 3 mm の球状の素焼きの粒であり、鋭利な部分を持たず、容易に体表から除去することが可能であることから、脱水処置時の被験体に与える負担が軽減することが期待された。

#### 方法

**被験体** 静岡県浜松生物教材株式会社より購入した実験経験のないメスのアカハライモリ 2 匹を被験体として用いた。体長は約 10 cm であった。体重は測定しなかった。

**装置** 実験 2 と同様の装置を用いた。

**手続き** 被験体は 1 匹ずつ明条件と暗条件のそれぞれに割り当てられた。ITI 期間中の手続きを除き、実験手続きは実験 2 と同じであった。訓練に用いた手続きは基本的に実験 1 と同じであった。5 分間の ITI において、被験体は反応の正誤にかかわらず、水の入った待機ケージで 4 分間の着水を許された後に 1 分間の脱水手続きを受け次試行へと移った。脱水手続きとしては、実験者が被験体にセラミックサンドを繰り返しまぶすことにより体表の水分を除去した。セラミックサンドは直径約 3 mm の球状の素焼きの粒であり、エムケー商会よりセラミック砂アクセラ中玉 3mm の商品名で販売されているものを用いた。1 日に 1 セッション 12 試行を行った。学習基準については実験 2 と同じであった。

#### 結果および考察

Figure 3 に習得段階の結果を示した。同じ 96 試行を行った実験 2 とは異なり、両個体ともに正反応率の上昇はほとんど認められなかった。最終 2 ブロックにおける 48 試行の成績について二項検定を行った結果、いずれの個体においてもチャンスレベルを有意に超える遂行は認められなかった (イモリ G:  $p=.559$ , イモリ H:  $p=.50$ , 片側)。反応の正誤によらず毎試行後の ITI で十分な着水機会を保証することで、長時間にわ

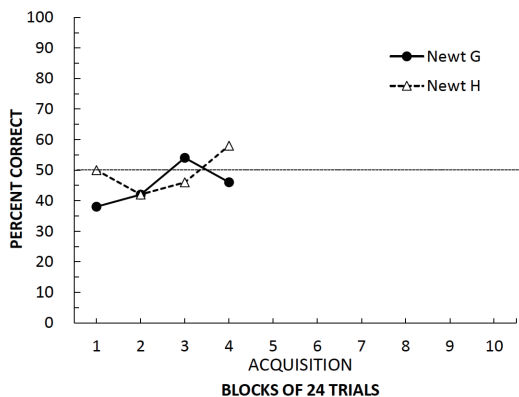


Figure 3 Percent of correct responses during acquisition training in experiment 3. Dashed line indicates chance level (50%). Learning criterion was more than 75% correct in two successive blocks. Newts trained in dark condition are identified by closed symbol and bright condition by open symbol.

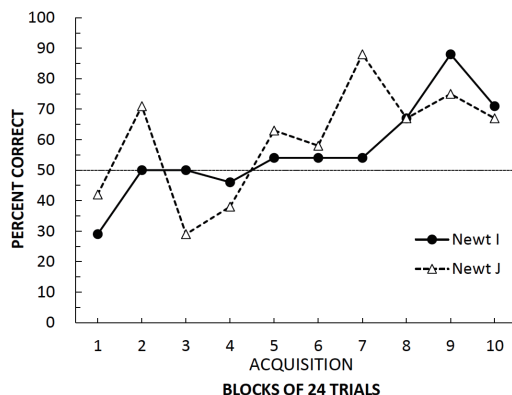


Figure 4 Percent of correct responses during acquisition training in experiment 4. Dashed line indicates chance level (50%). Learning criterion was more than 75% correct in two successive blocks. Newts trained in dark condition are identified by closed symbol and bright condition by open symbol.

たる体表の乾燥を防ぎ、被験体の健康に対する負担を軽減することが実験3の目的であった。その結果、実験2で示されたような体の大きさの減少や四肢の損傷は確認されなかったことから、被験体の健康への負荷の軽減については改善されたと考えられる。一方で、弁別課題の習得に関しては、両個体ともに正反応率はチャンスレベル周辺に留まった。実験3では、誤反応の場合にも水槽に設置された網に3分間置かれるが、その後のITIにおいては4分間の着水が可能となる。このITI中の着水機会が水報酬への動機づけを過剰に低減させた可能性が考えられる。健康への負担を軽減させつつ水報酬に対する動機づけをさらに高めるための改良の必要性が示された。

### 実験 4

実験3では、ITI中の着水機会の確保により被験体の健康に与える負荷については改善が認められた一方で、遂行成績の向上は認められなかったことから、訓練手続きのさらなる改良が必要であることが示された。ヒキガエルを用いた研究では、強化時に着水を許す時間を操作することによって体表からの吸水量が変化し、結果として強化力を操作することが可能であることが示されている (Muzio et al., 1992)。本研究においても、ITI中に着水を許す時間によって体表からの吸水量を操作することで、水報酬への動機づけを操作可能

である可能性が考えられる。そこで、実験4においては、ITIにおける着水時間を実験3の4分から10秒に短縮した手続きによる訓練を行った。弁別反応の正誤にかかわらずITI中に必ず着水機会を与えることで被験体の健康への負担を軽減しつつ、着水可能時間を実験3よりも短縮することにより、水報酬に対する動機づけを高めることを企図した。

### 方 法

**被験体** 静岡県の浜松生物教材株式会社より購入した実験経験のないメスのアカハライモリ2匹を被験体として用いた。体長は約10cmであった。体重は測定しなかった。

**装置** 実験3と同様の装置を用いた。

**手続き** 被験体は1匹ずつ明条件と暗条件のそれぞれに割り当てられた。ITIにおける手続きを除き、実験手続きは実験3と同じであった。正反応の場合には、3分間の水報酬を与えられた後にITIにおいてキッチンペーパーの敷かれた水槽に4分間置かれた後、1分間の脱水手続を受けて次試行に移った。誤反応の場合には、3分間の無報酬の後にITIにおいて水の入れた水槽に10秒間入れられた後、キッチンペーパーの敷かれた水槽に230秒間置かれた。その後、1分間の脱水手続を受けて次試行に移った。1日に12試行を行った。学習基準については実験3と同じであった。



### 結果および考察

Figure 4 に習得段階の結果を示した。両個体ともに漸次的な正反応率の上昇が認められた。イモリ A が第 9 ブロック、イモリ B が第 7 ブロックにおいて 75% を超える正反応率を示した。最終 2 ブロックにおける 48 試行の成績について二項検定を行った結果、いずれの個体においてもチャンスレベルを有意に超える遂行が認められた (イモリ I:  $p < .001$ , イモリ J:  $p = .006$ , 片側)。実験 4 では、水報酬を与えられる正反応の場合には ITI において乾燥した待機ケージに置き、無報酬となる誤反応の場合には ITI 開始時に 10 秒間着水できるように手続きの変更を行った。これは、弁別反応の正誤にかかわらず ITI 中に必ず着水機会を与えることで被験体の健康への負担を軽減しつつ、着水可能時間を実験 3 の 4 分から 10 秒へと短縮することにより、水報酬に対する十分な動機づけ水準を確保することを企図したものであった。その結果、遂行成績が一貫してチャンスレベル周辺に留まった実験 3 に対して、実験 4 では両個体とも有意な弁別遂行が確認された。この結果は、強化時に水に浸す時間を変化させることによって強化量を操作可能であることを示した Muzio et al. (1992) の知見と一致するものと考えられる。すなわち、実験 3 と実験 4 における ITI 中の着水時間は体表からの吸水量に影響し、水報酬に対する動機づけおよび水報酬の強化効果に影響したと考えられる。実験 4 のような手続きに基づいて継続した訓練を実施することにより、アカハライモリの同時視覚弁別学習を成立させることができると考えられる。

### 全体的考察

本研究は、視覚刺激を用いた同時弁別学習をアカハライモリにおいて成立させるための、有効な動機づけ操作手続きの確立を目的とした。実験 1 の結果、ブチイモリにおける位置弁別学習の成立を示した Ellins et al. (1982) の手続きはアカハライモリに有効ではなかったことから、同じ有尾目両生類に属する動物でも有効な実験手続きは異なることが示された。また、実験 2 の結果から、試行前に体表の脱水を行うことが水報酬への動機づけを高めるために有効であることが示唆された。また、ITI において長時間の着水を許された実験 3 においては課題への遂行がチャンスレベル周辺に留まったこと、および ITI における着水時間を短縮した実験 4 では有意な遂行成績が確認されたことから、ITI における着水時間の操作が水報酬への動機づ

けを高めるために有効であることが示唆された。ITI 中の着水可能時間と体表の脱水手続きにより体表の乾燥の水準を操作する手続きを用いることで、アカハライモリにおいて同時視覚弁別学習を成立させることが可能であると考えられる。実際、本研究の後に木村・上野・谷内 (2013) が実施した実験においては、誤反応後の ITI における着水時間を本研究の実験 4 の 10 秒間からさらに短縮して 3 秒間とした条件において、4 匹のアカハライモリが同時視覚弁別課題を習得することが確認された。また、木村 他 (2013) では 4 個体の被験体すべてにおいて健康上の問題は確認されなかった。このように、誤反応後の ITI 中に短時間の着水を許す手続きは、被験体の健康への負担を軽減しつつ、水報酬の有効性を確保するための操作として有効であると考えられる。

本研究で用いた着水による水報酬と ITI 中の着水可能時間による動機づけ操作が有効であった原因としては、これらの操作が、水への依存度が高いというアカハライモリの生態と一致したものであった可能性が考えられる。両生類における水の重要性は、Grant, Anderson & Twitty (1968) のクロメイモリ (*Taricha rivularis*) の帰巢行動に関する研究においても示されており、このイモリは帰巢行動よりも先に、乾燥から身を守ることでできる場所を探索する行動を示すことが報告されている。

Ellins et al. (1982) は、実験室で行われる実験においても生態学的に妥当性のある実験手続きを用いるべきであると述べている。実際、両生類の学習実験においても生態学的な要因が課題の遂行に影響を与えることを示した研究が報告されている。例えば、コオロギの動画刺激に対する弁別学習の成立をスズガエルにおいて報告した Jenkin & Laberge (2010) の実験においては、黒色のコオロギの動画が正刺激として割り当てられた群においては、25 匹中 11 匹の個体が 1 試行目から一貫して正刺激の黒いコオロギを選択した。このような結果は動画の明暗を反転した白コオロギ条件では認められなかった。この結果は、自然界に存在する黒色というコオロギの性質が、スズガエルの餌に対する反応において生得的に重要な刺激であったことを示すと考えられる。しかし、両生類を対象とした研究はわずかし報告されていないため、その認知能力や生態的特徴との関連について考察するための基礎となる知見は十分ではない。また、これまでに報告されてきた知見についても、検討の余地を残したものが多

い。例えば、位置課題の弁別逆転学習におけるPI効果をブチイモリにおいて報告したEllins et al. (1982)では、正刺激の逆転を繰り返すにつれて習得に要するセッション数が漸減したことから、PI効果が認められたと主張している。確かに、正刺激の逆転によって第1課題から第2課題へと増加した課題習得までの誤反応数は20回の逆転の過程で減少しているが、ラット等における一般的なPI効果とは異なり、逆転の最終段階においても第1課題を上回るようにはなっていない。したがって、空間課題を用いた両生類の連続逆転学習についても、課題の逆転を通じて最初の弁別学習を上回るようなPI効果が認められるかどうかについて、さらなる検討が必要であると考えられる。また、Ellins et al. (1982)は10試行中8試行(80%)以上の正反応を示すことを正刺激の逆転の基準としている。10試行中8試行の正反応は二項検定において有意とされない( $p=.055$ , 片側)ことから、学習基準としては比較的低い水準であったと考えられる。そのため、弁別学習が十分に成立する前に正刺激の逆転が行われた可能性は排除できないと考えられる。したがって、Ellins et al. (1982)の実験結果の妥当性については再検討が必要であると考えられる。

本研究ではアカハライモリにおける視覚同時弁別学習を成立させるための基本的な実験設定を特定することができた。今後、本研究で有効性が確認された視覚同時弁別手続きを連続逆転学習へと展開することにより、視覚課題による連続逆転学習におけるPI効果をアカハライモリにおいて検討することが可能になると考えられる。前述のように、両生類の視覚課題の弁別逆転におけるPI効果の存在についてはこれまでに検討例がないため、系統発生に伴う学習過程の進化の問題を考える上での重要な知見となることが期待される。また、比較対象として、アカハライモリにおける位置課題の連続逆転学習についても検討する必要があるだろう。

一方で、本研究で示されたアカハライモリにおける弁別学習手続きについては、さらに検討すべき点が指摘できる。食餌性の強化子を用いた訓練手続きと比較して、水への着水を正の強化子として用いた場合、訓練可能な試行数が多くなると期待される。しかしながら、一日に訓練可能な試行数については検討されていない。今後、安定した遂行が得られる試行数の上限等について検証する必要があると考えられる。また、同時視覚弁別学習に用いる視覚刺激の種類についても十

分な検討がされていない。アカハライモリにおける明暗刺激への嗜好性や忌避傾向の有無を検証し、本研究で用いた明暗刺激が視覚刺激として適切であるかについて検討する必要があると考えられる。これらの問題について検討を行い、両生類研究を系統発生に伴う学習過程の進化の問題へと展開する必要があると考えられる。

## 謝 辞

本研究は第2著者に対する科学研究費補助金(21730589, 24530913)の助成を受けた。

## 引用文献

- Benedict, F. G. (1938). Vital energetics: A study in comparative basal metabolism. Washington: Carnegie Inst.
- Bitterman, M. E. (1965). Phyletic difference in learning. *American Psychologist*, **20**, 396-410.
- Daneri, M. F., Casanave, E., & Muzio, R. N. (2011). Control of Spatial Orientation in Terrestrial Toads (*Rhinella arenarum*). *Journal of Comparative Psychology*, **125**, 296-307.
- Ellins, S. R., Cramer, R. E., & Martin, G. C. (1982). Discrimination reversal learning in newts. *Animal Learning & Behavior*, **10**, 301-304.
- Fellows, B. J. (1967). Change Stimulus sequences for discrimination tasks. *Psychological Bulletin*, **67**, 87-92.
- Goldstein, A. C. (1960). Starvation and food-related behavior in a poikilotherm, the Salamander, *Triturus viridescens*. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **53**, 144-150.
- Grant, D., Anderson, O., & Twitty, V. (1968). Homing orientation by olfaction in newts (*Taricha rivularis*). *Science*, **160**, 1354-1355.
- Hershkovitz, M., & Samuel, D. (1973). The retention of learning during metamorphosis of the crested newt (*Triturus cristatus*). *Animal Behavior*, **21**, 83-85.
- Jenkin, S. E. M., & Laberge, F. (2010). Visual discrimination learning in the fire-bellied toad *Bombina orientalis*. *Learning and Behavior*, **38**, 418-425.
- 木村誠・上野糧正・谷内通(2013). アカハライモリ (*Cynops pyrrhogaster*) における水強化を用いた同時視覚弁別学習。動物心理学研究, **63**, 87-93.



- Lockard, R. B. (1971). Reflections on the fall of comparative psychology: Is there a message for us all?. *American Psychologists*, **26**, 168–179.
- McGill, T. E. (1960). Response of the leopard frog to electric shock in an escape-learning situation. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **53**, 443–445.
- Muzio, R. N., Segra, E. T., & Papini, M. R. (1992). Effect of schedule and magnitude of reinforcement on instrumental learning in the toad, *Bufo arenarum*. *Learning and Motivation*, **23**, 406–429.
- Muzio, R. N., Segra, E. T., & Papini, M. R. (1994). Learning under partial reinforcement in the toad (*Bufo arenarum*): Effects of lesions in the medial pallium. *Behavioral and Neural Biology*, **61**, 36–46.
- Papini, M. R., Muzio, R. N., & Segura, E. T. (1995). Instrumental learning in toads (*Bufo arenarum*): reinforce magnitude and the medial pallium. *Brain behavior evolution*, **46**, 61–71.
- Ray, A. J. (1967). Avoidance learning in the tiger salamander. *The American Journal of Psychology*, **80**, 642–643.
- Ray, A. J. (1970). Instrumental avoidance learning by the tiger salamander *Ambystoma tigrinum*. *Animal Behavior*, **18**, 73–77.
- Schmajuk, N. A., Segra, E. T., & Ruidiaz, A. C. (1981). Reward downshift in the toad. *Behavioral and Neural Biology*, **33**, 519–523.
- Schneider, C.W. (1968). Avoidance learning and the response tendencies of the larval salamander *Ambystoma punctatum* to photic stimulation. *Animal Behavior*, **16**, 492–495.
- Schwartz, J. M., & Cogan, D. C. (1977). Position discrimination in the salamander, *Ambystoma tigrinum*. *Developmental Psychobiology*, **10**, 355–358.
- Seidman, E. 1948 Relative ability of the newt and the terrapin to reverse a direction habit. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **42**, 320–327
- 柴崎全弘・石田雅人 (2005). 両生類における比較学習研究の動向と課題. 大阪教育大学紀要, **53**, 17–36.
- 柴崎全弘・石田雅人 (2006). イモリにおける部分強化学習と消去抵抗. 動物心理学研究, **56**, 101–106.
- Shibasaki, M., & Ishida, M. (2012). Effects of overtraining on extinction in newts (*Cynops pyrrhogaster*). *Journal of Comparative Psychology*, **126**, 368–371.
- 多田純子・竹中将広・柴崎全弘・石田雅人 (2009). イモリにおける分散試行事態での道具的学習の不生起. 大阪教育大学紀要, **58**, 7–21.
- Thompson, P. A., & Boice, R. (1975). Attempts to train frogs: Review and experiments. *Journal of Biological Psychology*, **17**, 3–13.
- 山本崇史・石田雅人・柴崎全弘 (2005). イモリにおける位置弁別課題での過剰訓練逆転効果の検討. 大阪教育大学紀要, **54**, 71–84.

(2013年7月31日受稿, 10月10日受理)