講演論文

キンギョのオペラント条件づけ

立命館大学 藤 健一

Operant Conditioning in Goldfish (*Carassius auratus*)

KENICHI FUJI

Department of Psychology, Ritsumeikan University
Kita-ku, Kyoto 603-77

1. はじめに

現在この地球上に繁栄する脊椎動物は、哺乳類（約 5000 種）、鳥類（約 8600 種）、そして魚類（約 40000 種）の 3 種類の脊椎動物といわれている（Angermeier, 1986）。脊椎動物の中で、魚類は最も出現が早く、現生の魚類の遠い祖先である無顎類は、古生代オルドビス紀（およそ 5 億年前から 4 億 4000 万年前の時代）の中期に出現した。顎をもたない無顎類は極めて原始的な脊椎動物であるが、感覚器官としては眼球・松果体孔・二半規管をもち、鰭の種類も少なく不活発で、底生ないしは表層性であつたらしい。無顎類は顎を有する有顎類の出現によってデボン紀末（およそ 3 億 6000 万年前）に絶滅した。最初の有顎類の棘魚類は淡水性で、デボン紀に出現し、運動器官である鰭も多様化して、眼球も大きくなり副次的な嗅覚もあつたらしい。石炭紀末（およそ 2 億 9000 万年前）に絶滅した。顎の出現は、脊椎動物の歴史における最大の事件であり、おそらく捕食効率を上げる要因の一つになったのであろう。板皮類はいわゆる甲冑魚と呼ばれる魚類であり、中には泳ぎの速い肉食魚もいたが、古生代末には絶滅した。いわゆるこういった古代魚は、デボン紀の頃にその祖先が出現した軟骨魚類や硬骨魚類にとって替わ

られた。軟骨魚類は現生のサメの祖先であるが、硬骨魚よりも原始的であるかどうか疑問とされているが、肺や鰾をもたず捕食性と可動性の高い魚類である。現生魚の中で最も繁栄しているのは、硬骨魚類であり、軟骨類（デボン紀の頃出現、現生のチョウザメの仲間）、全骨類（三疊紀の頃出現、現生のダツの仲間）、真骨類（白亜紀の頃出現、現生のほとんどの硬骨魚の仲間）と進化した。硬骨魚類が他の魚類を凌いで発展した理由は、5 種類の鰭（背鰭、胸鰭、腹鰭、臀鰭、尾鰭）と鰾（全骨類の頃出現）に浮力の調節機能が加わったこと（真骨類の頃）によるその優れた運動性にあった（コルバート・モラレス, 1994）。

キンギョは、フナから人為的淘汰によって作りだされた園芸品種であるが、現生の魚類の中で最も繁栄している真骨類の中の骨鰾目に属する魚類である。一般に魚類の感覚生理や知覚機能については水産漁業上の要請からか、魚類学者や水産学者による多くの研究も行われ紹介されており（川本, 1977; Mostofsky, 1978; Nicol, 1989; Douglas & Hawryshyn, 1990）、その中には視力、色覚、運動視、形態視、大きさと距離知覚、聴覚、味覚、触覚などの研究が含まれる。たとえば、キンギョの水中の視野には、およそ 20°の水平方向で重なる両眼視野が

あることや(Trevarthen, 1968),聴覚閾は,1000 Hz あたりまでは閾値は低い。一般に水中の振動は,魚体が受け止めて鰾の収縮と膨張とに変換されるが,骨鰾目の魚はこの鰾の収縮と膨張の振動を,ウェーバー小骨と呼ばれる聴覚補助器官によって内耳器官に伝達するので,骨鰾目は非骨鰾目に比べ聴覚が鋭敏である(古川, 1977)。

魚類の活動は,その活動期によって昼行性と夜行性とに分けることもできる。アユなどは昼行性を示し,ナマズなどは夜行性を示す(田畑, 1988)が,キンギョについてははっきりしない。いずれにしても,現生の魚類は,水中という環境の5億年近い淘汰にさらされて,現在の構造と機能とが形成され,今にわれわれの眼前に存在するのである。

2. キンギョを被験体とした 実験的行動分析法

オペラント条件づけは,反応に先立つ先行刺激(弁別刺激)と,その反応,そして反応に続く後続刺激(強化子)の3要素の関係から分析できる。先行刺激による反応頻度の統制を刺激性制御(stimulus control)とよび,後続刺激による反応頻度の統制を強化スケジュール(reinforcement schedule)という。この3要素の関係を,三項強化随伴性(three-term contin-

gencies of reinforcement)という。Ferster & Skinner (1957) はハトを被験体として5年10ヵ月にわたる体系的研究を行い,基本スケジュールの基礎的データを蓄積した。

ある動物種で見いだされた行動法則は,種内の一般性,種間の一般性,課題の一般性などの次元における一般化について検討される。通常これらの一般性の検討には,反復実験を行う。特に,種間の一般性の検討には,異なった動物種における反復実験が必要となるが,心理学における動物学習研究で用いられてきた動物種は,大部分がラットやハト,サルなどの実験動物(laboratory animal)であり,ほとんどが脊椎動物である(Dewsbury, 1978; 辻, 1978)。強化スケジュールの研究でも,ヒト以外の哺乳類と鳥類に集中しており(藤, 1987 a),この傾向は最近も変わっていない(中島, 1993; 佐藤, 1993)。

本稿では,現生の代表的魚類の真骨類骨鰾目に属するキンギョ(ワキン, *Carassius auratus*)において,他の動物種で確認されたオペラント行動における強化スケジュールの統制の様子を検討し,その強化スケジュールの種を超えた効果の一般性について検討したいいくつかの実験について述べてみたい。

実験装置

(1) サカナ用スキナー箱 Fig. 1 に概略を示

Fig. 1 サカナ用スキナー箱の概略図(藤, 1987a)

した。市販のプラスチック製水槽（16 cm×26 cm×18 cm）の一端の水中に、反応パネル（半透明乳白アクリル板で 40 mm×40 mm）を水面上からつり下げた。反応パネルは、黒色に塗装されたアルミ板のほぼ中央の開孔部（直径 30 mm）の手前に位置しており、開孔部の背後にあたる水槽外の位置に反応パネル照明用の白色ランプが置かれていた。パネル押し反応は、反応パネルの軸に取り付けられた旗でフォト・インタラプタのビームを遮らせることにより検出した。反応パネルの軸には輪ゴムあるいは小さなバネを取り付けて、パネル押しに必要な圧力をほぼ一定に保つようにした。パネル押しの検出に必要なストロークは、糊ケースの繰り出し機構（コクヨ プリットジャンボ）を利用した位置調整器により、セッションごとに確認し調整できるようにした。パネル押し反応のフィードバック刺激として、反応ごとに作動するソレノイドの振動を利用した。この水槽は、ラワン材の暗箱（藤，1982 a）に設置された。強化子の提示には、暗箱上部に置いた自作あるいは市販のユニバーサルフィーダ（三双製作所製 UF-100）を用いた。ブラシによって掃き落とされた強化子は、暗箱天井部の孔からアクリルパイプを通して、水槽の水面に提示された。パイプの下端は水面に合わせてあるので、パイプの区切られた水面に強化子が必ず提示された。フィーダの作動と同時に、強化子の落水面をランプで一定時間照明した。

(2) 実験制御装置 種々の強化スケジュール制御には、自作のシングルボードコンピュータあるいは市販のパーソナルコンピュータ（エプソン HC-20、アドテック ASC73DTS）を用いた（藤，1980；藤，1982 b）。

(3) データ記録器 オペラント反応を累積記録器で記録した。市販の記録器（Ralph Gerbrands C-3）あるいはプリンタで代用（藤，1984 a）して記録した。この他にデータとして、コンピュータに反応数、強化子数などを記録した。

強化子

強化力、入手や保存のしやすさ、取扱いの容易なこと、食べさせ過ぎてもキンギョの健康維持の障害にならないこと、などから乾燥イトミミズを用いた。強化子 1 つの大きさが約 1 mm 立方になるように、切って使用した。この乾燥イトミミズは、水面に落下提示した時にしばらくの間は浮いているので、実験上都合がよかった。なお研究初期には、配合飼料の浮き餌を用いたこともあった。

飼育水槽

日常の飼育管理を行う飼育水槽には、市販のプラスチック製の衣料ケース（19 cm×58 cm×40 cm）を利用して、一つの飼育水槽には、キンギョを多くて 5 匹ないし 6 匹ずつ入れて飼育した（藤，1983 a）。

3. 各種の正の強化スケジュール

オペラント反応の形成

キンギョの水中パネル押し反応の形成法として、以下の 4 つの方法を順次試みた。

(1) 漸次接近法によるパネル押し反応の形成（藤，1984 b） 実験者のマニュアルによる行動形成法で、その結果を Fig. 2 に示した。この訓練場面では、強化子を摂取する反応が十分に完成していないまま訓練を行ったためもあったため、パネル押し反応を完成させるのに速い個体（KI-87）でも 18 セッション、遅い個体（KI-84）で 30 セッション近くかかり、迅速な反応形成訓練方法としては、不向きであることがわかった。

(2) 強化子の摂取訓練の後に FR 1 を行う訓練法（藤，1984 b） 飼育水槽においてマニュアルで提示した強化子を被験体によって摂取する訓練を十分に行った後、実験水槽で自発反応が FR 1（FR スケジュールについては後述）で強化される訓練場面にさらす方法を試みた。その一例を Fig. 3 に示した。300 セッションの強化子摂取訓練後、FR 1 に入れた最初のセッションから、パネル押し反応は自発し、3 セッションめにはほぼ安定した反応が得られた。

(3) FT 訓練の後に FR 1 を行う訓練法（藤，

Fig. 2 漸次接近法によるキンギョのパネル押し反応の形成 (藤, 1984b)

1984b) 強化子の摂取場面を, 実験者のマニュアルによる方法から, FT スケジュール (fixed time reinforcement schedule; 定時強化スケジュール) に変更した方法である。FT スケジュールでは, 前回の強化から t 秒経過した時に, 反応の有無にかかわらず強化子を提示する。実験水槽と同大の専用訓練水槽 (水中反応パネルは取り払ってある) で, FT 30" 訓練を所定のセッション数 (4 から 40) 実施した後に, FR 1 へ移行した。Fig. 4 に一例を示した。FT 訓練が 4 セッションでも FR 移行直後から, パネル押しの自発反応が出現し, 以後反応は安定した。

(4) FR と時間スケジュールの論理和スケジュールによる訓練法 (藤, 1992) 論理和スケジュールでは, 同時に作動する複数のスケジュール (たとえば FR と FT) のうち, いずれかのスケジュールの強化の条件が満たされたならば, そこで強化子が提示される。強化子の摂取訓練は飼育水槽で 1 セッションだけ行い, 以後は実験水槽で alt FR FT (alternative FR FT) ないしは, alt FR VT (alternative FR VT) に移行する訓練法を行った。VT スケジュール

Fig. 3 強化子摂取訓練後のFR1による訓練法 (藤, 1984b)

Fig. 4 FT訓練後のFR1による訓練法 (藤, 1984b)

(variable time reinforcement schedule; 変時強化スケジュール) とは、前回の強化から平均すると t 秒経過した時に、反応の有無にかかわらず強化子を提示する方法である。Fig. 5 にその例を示した。KI-102 は alt FR 1 FT 15" の訓練を 1 セッション実施した後に、FR 1 に移行させたところパネル押し反応が形成できた。KI-105 は通算 6 セッションめの訓練条件が alt FR 1 VT 120" で、7 セッションめに FR 1 に移行したところ、反応が形成された。

反応形成訓練では、強化子の確実な摂取行動が反応形成訓練に先立って完成していることが肝要であり、上記の(4)の訓練方法によれば、被験体としてのキンギョ (すなわちパネル押し反応を自発できるキンギョ) の迅速な供給が可能であることがわかった。魚類を対象とした自動反応形成については、キンギョ (Woodard &

Fig. 5 論理和スケジュールによる訓練法 (藤, 1992)

Bitterman, 1974; Bottjer, Scober & Wallace, 1977; Brandon & Bitterman, 1979), ティラピア, ボラ, カマス (Squier, 1969), テッポウウオ (Waxman & McCleave, 1978) などが報告されている。

FR スケジュール (fixed ratio reinforcement schedule; 定率強化スケジュール)

FR スケジュールは、前回の強化から一定の反応が自発すると次の強化子が提示されるスケジュールである。種々の FR 値の下での安定した反応のいくつかの例を、Fig. 6 に示した。FR スケジュールに典型的な break and run が生じた。FR の消去の例を Fig. 7 に示した。消去到移行した後は、反応が頻発と休止とを繰り返しながら減少した。

VR スケジュール (variable ratio reinforcement schedule; 変率強化スケジュール)

VR スケジュールは、前回の強化からある回数の反応が自発すると次の強化子が提示されるが、その強化に必要な反応回数は強化ごとに異なっているスケジュールである。Fig. 8 に種々の VR 値の下での安定した反応のいくつかの例を示した。FR と異なり、強化後休止 (PRP; post reinforcement pause) がほとんど無いか、非常に短くなった。全体反応率は、同じ FR 値と比べても高かった。Fig. 9 に VR の消去における反応の変容を示した。消去到移行した後も FR 消去で出現した反応休止はほとんど出現せずに、全体反応率が徐々に低下していった。

FI スケジュール (fixed interval reinforcement schedule; 定時隔強化スケジュール)

FI スケジュールは、前回の強化からの一定の時間が経過すると、環境側が強化の準備状態となり、その後の最初の反応によって次の強化子が提示される。種々の FI 値の下での安定した反応の例を、Fig. 10 に示した。FI 4' までの値の下では、ハトで観察されるような顕著な反応加速は生じなかったが、FI 値を 15' 以上にとると反応加速が起こった。全体反応率は、FR や VR に比べて低かった。また、安定したと思われる

Fig. 6 FRスケジュールの累積記録 (藤, 1987a)

Fig. 7 FRスケジュールからの消去 (藤, 1987a)

Fig. 8 VRスケジュールの累積記録 (藤, 1983b)

Fig. 9 VRスケジュールからの消去 (藤, 1987a)

Fig. 10 FIスケジュールの累積記録 (藤, 1987a)

FI 反応の形成は FR に比べても長期間を要し、KI-220 の FI 4' の場合でも 49 セッション計 132 時間 59 分であった。Fig. 11 に FI の消去における反応の変化を示した。KI-510 は FI 5' からの消去であり、KI-220 は FI 1' からの消去への移行であった。いずれの被験体も、強化中の反応パターンを維持しながら、局所反応率の上下を繰り返しながら、全体反応率を低下させていった。

VI スケジュール (variable interval reinforcement schedule ; 変時隔強化スケジュール)

VI スケジュールは、前回の強化から次の強化の準備状態になるまでの時間間隔が、強化のごとに変動するスケジュールである。Fig. 12 に種々の VI 値の下での反応を示した。VR スケジュールと同様、強化後反応休止はほとんど出現しないが、VR スケジュールよりも全体反応

率が低く、同値の FI とほぼ同じかやや高めの反応率となった。Fig. 13 に VI から消去に移行した時の反応の変容を示した。反応休止なしに、非常に滑らかな反応率の低下を示した。

DRL スケジュール (differential reinforcement schedule of low rate ; 低反応率分化強化スケジュール)

前述のように、FI 下の反応加速は FI 値がかなり大きくなって初めて顕著になった。これは、キンギョの時間弁別行動のある側面を示している可能性もある。そこで、時間弁別行動を DRL スケジュールを用いて、直接検討した(藤, 1987 b ; 藤, 1988 a ; 藤, 1988 b)。DRL スケジュールは、所定の経過時間以前の反応は強化をキャンセルし、その経過時間後の反応のみを強化する。実際には、いわゆる連鎖スケジュール(chain schedule) のコンポーネントに DRL を組み込

Fig. 11 FIスケジュールからの消去 (藤, 1987a)

Fig. 12 VIスケジュールの累積記録 (藤, 1984c)

Fig. 13 VIスケジュールからの消去 (藤, 1984c)

Fig. 14 DRLスケジュールにおける反応時間分布の変容。訓練1セッションめから59セッションめまでを示した” (藤, 1988b)

んで使用した (chain FR 1 DRL 10", リミテッド・ホールドを 11 秒とした)。各試行において、最初の反応 (パネルは緑色に照明) により DRL に移行する (パネルは赤色に変化) ようにした。DRL 値 10" に達する間の反応は、その試行の強化をキャンセルした。種々の条件下で訓練を行ったが、DRL 行動を形成し易くするために、そのフライング反応が DRL 値 10" に近ければ近いほどブラックアウトが短くなる方法を用いた (藤, 1988 b)。ブラックアウトは最長で 20", 最短で 2" であった。強化可能状態に移行後 11" 以上無反応の場合は、強制的にその試行は終了して ITI の後、次の試行に移行した。結果の一例を Fig. 14 に示した。訓練の初期には DRL 移行直後の反応が頻発していたが、10 セッションめあたりから反応時間のピークは DRL 値に近づき、59 セッションめには DRL 値まで遅延するようになった。キンギョでもこのような訓練を施せば、比較的「短い」時間の経過時間を弁別刺激とする弁別行動を形成できることがわかった。

4. キンギョの摂食行動の分析

飼育水槽での付加的給餌量と実験水槽での反応の変容

スキナー箱の中の動物の行動は、その被験体が現に直面している環境要因の統制を受けることの外に、その被験体の実験場面以外における環境要因の統制をも受けている。ハトを用いる研究で、体重統制手続きによって反応に後続する環境事象 (強化子) の強化力を統制できるのも、この理由による。魚類や爬虫類などは、哺乳類や鳥類と異なり成長に限界がないため、キンギョでは体重統制手続きを利用しにくい。そこで、実験水槽場面での条件は一定にしたまま、飼育水槽での給餌量を変化させ、実験場面での強化スケジュールの行動統制力の変化を調べた (藤, 1983 c)。実験水槽での条件は、FR 45 で 1 セッション最大 40 強化を上限とした。強化子は乾燥イトミミズ (1 個が約 1 mm 立方で、40

強化で計約 100 mg) を用いた。この実験水槽で被験体が摂取する強化子の他に、実験終了後の夕刻のほぼ一定の時刻に飼育水槽で付加的な餌を与えた。フレーク状の餌 400 mg の条件(「貧しい」条件) と、フレーク状の餌 400 mg にさらに乾燥イトミミズ 500 mg を加えた条件(「豊か」条件) との 2 条件を設定した。実験は、飼育水槽が「貧しい」条件の場合の FR 45 での反応が十分安定してから、飼育水槽での餌条件を「豊か」条件に変更した。2 匹の内の一例の結果を Fig. 15 に示した。飼育水槽での餌供給を豊富にしても、実験水槽での FR パフォーマンスを急激に変化させないこと、また、局所反応率にはさほどの低下は起こさずに、強化後反応休

止を延伸しながら全体反応率を低下させていったことが読み取れる。

24 時間連続実験場面

古くは Hellwald (1931) が、マウスについて自然的食事律を分析しているが、一般にその個体の摂食可能な場面を実験箱に限定し、摂食行動を被験体のオペラント反応に依存させる 24 時間連続実験場面を用いれば、摂食行動を統制している生物学的要因を検討することができる。

(1) 24 時間連続実験場面における単一強化スケジュールの統制力の違い (藤, 1985) 実験水槽の照明は明期・暗期が 12 時間ずつで、餌は反応によって摂取する強化子の乾燥イトミミ

Fig. 15 飼育水槽の付加的給餌量を増加した後の、実験水槽における反応の変容。増加後1セッションめから37セッションめまでを示した (藤, 1983c)

ズのための封鎖餌環境とした。強化スケジュールは、事前の検討により時間当たりの強化量がほぼ等しいと考えられたFR 500とVI 32'とを用

いた。4日間連続して行った累積記録の一部を、Fig. 16, Fig. 17に示した。VIスケジュールでは1日の時間帯にかかわらず、ほぼ同じ反応率

Fig. 16 VI32'で強化される24時間連続実験場面での累積記録。図中の数字は時刻を表す（藤，1985）

Fig. 17 FR500で強化される24時間連続実験場面での累積記録。図中の数字は時刻を表す（藤，1985）

(350 反応/時間から 500 反応/時間) を示したが、FR スケジュールでは高い反応率(1000 反応/時間から 1200 反応/時間)の時間帯と、低い反応率 (600 反応/時間から 900 反応/時間)の時間帯とに分かれた。この FR と VI の反応傾向は、4 日間を通して観察された。24 時間連続実験場面を設定することにより、キンギョにおける時隔スケジュールと比率スケジュールとの違いが、このような形で出現したのかもしれない。また FR の反応パターンに、FI パフォーマンスと同様の反応加速が生ずることが付随的に見いだされた。

(2) 摂食可能機会配分の効果 (藤, 1986) 1 日の中で摂食の可能な時間帯と不可能な時間帯

を作り、それを環境側のスケジュールによって統制した場合、キンギョは摂食行動をどのように時間配分するのだろうか。1 日あたりの摂食可能の時間の合計を 6 時間に一定にして、4 時間おきに 1 時間の摂食可能時間×6 回, 2 時間おきに 30 分の摂食可能時間×12 回, 1 時間おきに 15 分の摂食可能時間×24 回の 3 種類の摂食可能機会の配分条件 (すなわち摂食機会についての環境側のスケジュール) を設けた。実験は上述の実験と同様の 24 時間連続実験場面を用いた。摂食可能時間での強化スケジュールは FR 64 を、摂食不可能時間は EXT を用いた。結果を Fig. 18 に示した。摂食可能時間の合計は同じであるにもかかわらず、摂食可能機会が多

Fig. 18 24時間連続実験場面における摂食可能機会配分の違いが反応率に及ぼす効果 (藤, 1986)

いと、キンギョは「夜間」時間帯に比べて「昼間」時間帯の反応率を増加させた。摂食の機会を減らすと、「真夜中」でも「昼間」と同じ程度の摂食行動を示し、1日あたりの強化子総数は、摂食機会の多い場合よりも増加することがわかった。もし、その動物の活動性を反応に基づく摂食行動を指標として定義するならば、少なくともキンギョの活動性は、1つの餌を摂取する強化スケジュールと、その摂取の機会を提供する環境のスケジュールとによって統制されている。家庭などで普段見慣れている「金魚」が夜はおとなしいのは、キンギョの「昼行性」が原因なのではなくて、その飼育環境が提供するスケジュールによって、そのように行動が統制されているからである。

5. まとめ

行動実験の実験動物として多用される脊椎動物のハトやラット、サルなどにおいて見いだされた強化スケジュールの機能について、系統発生的に遠い共通の祖先を持つ現生の魚類の真骨類骨鰈目のキンギョを対象に選び、反復実験を行った。その結果、正の強化スケジュールの行動統制機能は、キンギョにおいても確認された。しかしながら、魚類を対象とした強化スケジュール研究には多くの強化スケジュールが未着手のまま残されており、こういったスケジュールが、既にその行動統制力が確認された動物種におけると同様の統制力を有しているという保証は無い。また、魚類は陸生動物と異なり、環境に直接はたらきかける身体器官が限定されており、このことがオペラント行動にもたらす制約についても研究される必要がある。さらに、脊椎動物とは異なった進化の道筋をたどって現在に至った他の動物種、たとえば節足動物や軟体動物における強化スケジュールの行動統制力の体系的分析は、現在のところ非常に少ない (Abramson, 1986)。

行動分析学の進むべき一つの方向としての行動分析学的比較行動学ないしは行動進化学 (佐

藤, 1993) は、体系的実験の行われることの少なかった脊椎動物や無脊椎動物についての強化スケジュール研究をも要請していると考えられる。

REFERENCES

- Abramson, C. I. 1986 Invertebrates in the Classroom. *Teaching of Psychology*, **13**, 24-29.
- Angermeier, W. F. 1986 *The evolution of operant learning and memory. A Comparative Ethology*. Basel: Karger.
- Bottjer, S. W., Scober, S. R. & Wallace, J. 1977 Positive behavioral contrast, autoshaping, and omission responding in the goldfish. *Animal Learning & Behavior*, **5**, 336-342.
- Brandon, S. E. & Bitterman, M. E. 1979 Analysis of autoshaping in goldfish. *Animal Learning & Behavior*, **7**, 57-62.
- コルバート E. H.・モラレス M. 田隅本生 (監訳) 1994 脊椎動物の進化 原著第四版 築地書館 (Colbert, E. H. & Morales, M. 1991 *Evolution of the Vertebrates*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons.)
- デューズバリイ D. A. 奥井一満 (訳) 1981 比較・動物行動学 共立出版 (Dewsbury, D. A. 1978 *Comparative Animal Behavior*. New York: McGraw-Hill.)
- Douglas, R. H. & Hawryshyn, C. W. 1990 Behavioral studies of fish vision: an analysis of visual capabilities. In R. H. Douglas & M. B. A. Djamgoz (Eds.), *The Visual System of Fish*. London: Chapman and Hall. Pp. 373-418.
- Ferster, C. B. & Skinner, B. F. 1957 *Schedules of reinforcement*. New Jersey: Prentice-Hall.
- 藤 健一 1980 ワンボード・マイクロコンピュータの動物実験における利用 日本心理学会第44回大会発表論文集, 31.
- 藤 健一 1982 a サカナ用スキナー箱の製作 心理学ラボラトリ・コンピュータ研究会テク

- ニカル・レポート 1, 62-66.
- 藤 健一 1982 b 心理学の実験制御とマイクロコンピュータ 立命館文学, **439:441**, 1-31.
- 藤 健一 1983 a 心理学の実験動物としてのキンギョの飼育 立命館文学, **457:459**, 1-18.
- 藤 健一 1983 b キンギョにおける比率スケジュールの検討 関西心理学会第 95 回大会発表論文集, 5.
- 藤 健一 1983 c キンギョの摂食行動の分析 日本心理学会第 47 回大会発表論文集, 377.
- 藤 健一 1984 a EPSON ターミナルプリンタ RP-80 で累積反応記録を書く PLANET, **3**, 29.
- 藤 健一 1984 b キンギョのパネル押し行動の形成 動物心理学年報, **34**, 38 (抄録).
- 藤 健一 1984 c キンギョにおける間隔スケジュールの検討 関西心理学会第 96 回大会発表論文集, 20.
- 藤 健一 1985 キンギョの 24 時間連続実験による摂食行動の分析 日本心理学会第 49 回大会発表論文集, 108.
- 藤 健一 1986 キンギョの摂食行動における摂食可能時間配分の効果 動物心理学年報, **36**, 130 (抄録).
- 藤 健一 1987 a キンギョにおける単一強化スケジュールの検討 立命館文学, **500**, 61-92.
- 藤 健一 1987 b キンギョにおける低反応率分化強化訓練 関西心理学会第 99 回大会発表論文集, 16.
- 藤 健一 1988 a キンギョにおける DRL スケジュールの検討 動物心理学年報, **38**, 48 (抄録).
- 藤 健一 1988 b キンギョにおける低反応率分化強化訓練 (その 2) 関西心理学会第 100 回大会発表論文集, 46.
- 藤 健一 1992 複数個体場面におけるキンギョのオペラント行動の分析(2) 日本心理学会第 56 回大会発表論文集, 452.
- 古河太郎 1977 聴覚 川本信之 (編) 1977 魚類生理 改訂増補 第 22 章 恒星社厚生閣 Pp. 491-512.
- Hellwald, H. 1931 Untersuchungen über Trieb-
stärken bei Tieren. *Zeitschrift für Psychologie*, **123**, 94-141.
- 川本信之 (編) 1977 魚類生理 改訂増補 恒星社厚生閣
- Mostofsky, D. I. (Ed.), 1978 *The Behavior of Fish and Other Aquatic Animals*. New York: Academic Press.
- 中島定彦 1993 さまざまな動物種を用いたオペラント条件づけの諸研究 (未公開, FD 配付資料)
- Nicol, J. A. C. 1989 *The Eyes of Fishes*. Oxford: Clarendon Press.
- 佐藤方哉 1993 行動分析学における動物実験の役割 ——<理論>の敗退と反復実験の勝利 —— 心理学評論, **36**, 209-225.
- Squier, L. H. 1969 Autoshaping key responses with fish. *Psychonomic Science*, **17**, 177-178.
- 田畑満生 1988 魚類の日周行動と概日リズム 羽生 功・田畑満生 (編) 水産動物の日周活動 第 6 章 恒星社厚生閣 Pp. 79-100.
- Trevarthen, C. 1968 Vision in Fish: The Origins of the Visual Frame for Action in Vertebrates. In D. Ingle (Ed.), *The Central Nervous System and Fish Behavior*. Chicago: The University of Chicago Press.
- 辻 敬一郎 1978 心理学・行動研究と実験動物 田嶋嘉雄 (編) 実験動物の開発 第 6 章 医歯薬出版 Pp. 169-193.
- Waxman, H. M. & McCleave, J. D. 1978 Auto-shaping in the archer fish (*Toxotes chatareus*). *Behavioral Biology*, **22**, 541-544.
- Woodard, W. & Bitterman, M. E. 1974 Autoshaping in the goldfish. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, **6**, 490-410.