キンギョの放射状迷路遂行におよぼすアーム特性の効果

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 谷内, 通, 平野, 友理, Taniuchi, Tohru, Hirano, Yuri メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00000164

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.

研　究

キンギョの放射状迷路遂行におよぼすアーム特性の効果

谷内　　通[1)a)]　　平野　友理[1)]

Effects of arm properties on radial maze performance in goldfish (*Carassius auratus*)

Tohru TANIUCHI[1)a)] and Yuri HIRANO[1)]

Abstract　The present study examined the effects of arm properties involving arm width and obstructive objects on radial maze performance in goldfish (*Carassius auratus*). Three groups of goldfish were trained to perform a typical win-shift free choice task in one of the three conditions of an eight-arm radial water maze. Arm width of the maze was 5 cm for Group 5 cm (n=3) and 3 cm for Group 3 cm (n=3). For Group curtain (n=4), arm width was 5 cm but a curtain made of 0.5 mm thick silicon was set in each arm. To enhance arm identity, some arms of the mazes were differentially colored and different objects were placed on the floor of the arms. Group 3 cm made significantly greater correct responses than Group 5 cm and Group curtain within the initial eight choices of a trial. Performance of Group 5 cm and Group curtain was almost chance level during the five training blocks of eight trials. Group 5 cm showed significantly greater re-entry errors to complete trials than Group 3 cm. Arm width proved to affect the goldfish 's performance, but the introduction of curtain did not. Several causes for the results were discussed.

Keywords　goldfish, radial maze, arm properties, discrimination learning

はじめに

8 肢放射状迷路 (Olton & Samuelson, 1976) とは，中央プラットホームから 8 本のアームが放射状に伸びた迷路である。各アームの先端には餌皿があり，少量の餌報酬が置かれる。もっとも基本的な自由選択課題では，動物は自由な順序でアームに進入して先端に置かれた餌を食べることを許される。あるアームから次のアームに移動するためには必ず中央プラットホームを通過する。同一試行内では餌は再補充されないので，効率的に餌を獲得するためには，中央プラットホームにおけるアーム選択のたびに，既進入アームと未進入アームを弁別し，未進入アームを選択することが必要になる。Olton & Samuelson (1976) は，ラット (*Rattus norvegicus*) に対して 8 方向の放射状迷路課題を訓練した結果，一度進入したアームにほとんど再進入せずにすべての餌を回収できるようになることを発見した。また，反応パタンの分析により，固定的な進入順序の学習によるものではないことが示された。さらに，アームと餌皿が分離された装置を用いて選択間でアームを回転させたテストの結果から，マーキングなどの嗅覚手がかりを利用していないことが確認された (Olton & Collison, 1979)。これらの結果から，ラットはアームの既進入または未進入に関するワーキングメモリ内の情報 (Cook, Brown, & Riley, 1985; Olton, 1978) を利用して，放射状迷路課題を遂行すると考えられる。

放射状迷路課題は，げっ歯類のワーキングメモリや空間記憶，またはそれらの生理的基盤に関する研究で使用されてきたが (e.g., Yoshihara & Ichitani, 2004)，その他にもサカナ (Hughes & Blight, 1999, 2000; Roitblat, Tham, & Golub, 1982; 鷲塚・谷内, 2006, 2007)，リクガメ (Mueller-Paul, Wilkinson, Hall, & Huber, 2012; Wilkinson, Chan, & Hall, 2007; Wilkinson, Coward, & Hall, 2009)，ハト (e.g., Roberts & Van Veldhuizen, 1985)，ブタ (e.g., Laughlin & Mendl, 2000)，またはイヌ (Craig, Rand,

1) 金沢大学
Kanazawa University
a) E-mail: tohruta@staff.kanazawa-u.ac.jp

Mesch, Shyan-Norwalt, Morton, & Flickinger, 2012; Macpherson & Roberts, 2010) 等の多様な種における学習と記憶の検討にも用いられてきている。

谷内・鷲塚 (2010) は幅 12 cm，長さ 54.4 cm のアームを持つ 8 方向放射状迷路で体長約 8 cm の小型のコイ (*Cyprinus carpio*) の遂行を検討した結果，チャンスレベルを超える学習を確認したが，遂行成績は低い水準に留まることを報告した。谷内・鷲塚 (2010) より以前にキンギョにおける有意な放射状迷路遂行を示した鷲塚・谷内 (2006) では，体長約 5 cm のキンギョに対してアーム幅 5 cm の放射状迷路を使用していた。鷲塚・谷内 (2006) が比較的狭い入口からのアームへの進入や退出をキンギョに求めたのに対し，谷内・鷲塚 (2010) の約 8 cm の体長のコイに対するアーム幅 12 cm の迷路では，アームの進入と退出が比較的容易であったことが遂行成績の低さにつながった可能性が考えられる。

アームの進入に対してある種の負荷が加えられると弁別課題の遂行成績に影響することは，ラットの放射状迷路課題においても示されている。例えば，長いアームと短いアーム，平坦なアームと上り坂のアーム，あるいは黒いアームと白いアームが混在した放射状迷路における遂行では，長いアーム，上り坂のアーム，あるいは白いアームにおける再進入エラーが少ないことが知られている (Brown, 1990; Brown & Huggins, 1993; Brown & Lesniak-Karpiak, 1993)。Brown は，一連の研究における誤反応を信号検出理論に基づいて分析した結果，これらのアーム特性は記憶そのものではなく，反応基準に作用した結果として，遂行に影響を与えたことを示している。

Brown の一連の研究におけるアームの長さや傾斜は運動負荷，アームの明暗は明るい開けた場所を忌避するラットにとっての心理的負荷として作用したと考えることができる。しかしながら，例えば上り坂のアームでは運動負荷が大きくなる一方で，高所へ登ることを求めるため，恐怖反応が喚起され，被験体にとっての心理的負荷として作用した可能性が Brown 自身によっても指摘されている (Brown, 1990, p.21)。また，長いアームでは，進入に要する運動負荷が高いだけでなく，進入に要する時間も長くなる。このため，アームの長さによって選択反応に対する強化までの遅延時間が異なることになり，この遅延時間の違いが選択行動に影響した可能性も Brown は指摘している。このように，放射状迷路における各種のアーム特性が，運動負荷，心理的負荷，あるいは強化までの時間的遅延等のどのような心理学的過程を通じて選択行動の正確さに影響を及ぼすのかは一義的には決定できないし，これを特定する試みは行われてきていない。

このように，関連する心理学的過程の詳細は必ずしも特定されていないものの，アームへの入退出の難易度を変化させる型の操作がラットの放射状迷路課題遂行に影響を与えることが知られている。しかしながら，この種のアーム特性が魚類の課題遂行に与える影響についてはこれまでには検討されていない。そこで本研究は，キンギョの放射状水迷路課題遂行におけるアーム特性の効果について検討することを目的とした。魚類の放射状迷路遂行については，谷内・鷲塚 (2010) の結果からアーム幅の大小が作用することが示唆されることから，本研究ではアーム幅が 5 cm の条件と 3 cm の条件を比較することとした。さらに，アーム進入に対する明確な障害物を設置する条件として，アームの入口に薄いシリコンで作成した暖簾状のカーテンを設置する条件を設定した。これらの 3 条件下での自由選択課題の遂行成績を群間計画により比較することで，アームの狭化や障害物の設置がキンギョの放射状迷路遂行に与える影響を検討した。ラットと同様に，アームの狭化や障害物の設置がキンギョの放射状迷路遂行に影響するならば，アーム幅が狭い 3 cm 条件やカーテン条件は，アーム幅 5 cm 条件と比較して遂行成績が優れると予測される。

方　　法

被験体　体長約 6 cm のワキン 10 匹を被験体として用いた。被験体は，幅 32 cm，奥行き 16.4 cm，高さ 22 cm の水槽において 2 – 3 匹の集団飼育を行った。各飼育水槽はポンプ式外掛フィルターにより水の循環を行った。水温は摂氏約 23 度を維持した。飼育水槽を設置した棚の周辺を 2 つの 100w 相当の蛍光ボールによる照明で明暗周期を調節した (明期 8:00 – 20:00)。飼育期間を通じて，1 日あたり 8 粒の沈下性の小粒餌ペレット (キョーリン製沈下性ランチュウベビーゴールド，直径約 2 mm) を 1 日に 1 回給餌した。動物の飼育および実験は金沢大学動物実験指針に準拠して行われた。

実験装置　8 肢放射状水迷路を使用した。迷路は白色塩化ビニール製であった。迷路の中央のプラットホームは直径 17 cm，各アームは幅 5 cm，奥行き 25 cm，高さ 15 cm であった。各アームの進入口には白色塩化

ビニール製のギロチンドアがあり，個別に開閉可能であった。放射状迷路全体を幅 91 cm，奥行き 76 cm，高さ 20 cm の長方形の水槽に沈めて用いた。迷路の上部約 120 cm の高さの天井に 100 W 相当の蛍光ボールを 4 つ取り付けて照明を行った。同じ天井部にデジタルビデオカメラを設置してキンギョの遂行を観察・記録した。迷路の水深は 10 cm，水温は摂氏約 22 度を保った。装置から離れた位置の液晶モニターを通じて実験者は迷路内のキンギョの行動を観察した。迷路の周囲四方は無塗装のベニヤ板，灰色の金属棚，白色の壁，および左右方向の半分が無塗装のベニヤ板で半分が壁のない空間であった。放射状水迷路の 8 アームのうち 4 本の内側の壁の色はそれぞれ黒，緑，赤，黄色で，残りの 4 本とプラットホームの壁の色は白であった。色つきのアームと白色のアームは交互に設置し，色つき同士および白色同士のアームが隣り合わないようにした。迷路内手がかりとして，4 本の白色のアームには青色の直径 2.5 cm のガラス玉，青紫色の朝顔の造花，緑色の造花，赤色の人工モミジ葉のいずれかを設置した。床が黒色のアームには黄色の玩具のブロック，床が黄色のアームには黒色の玩具のブロック，床が赤色のアームには赤色の玩具のブロック，床が緑色のアームには緑色の玩具のブロックをそれぞれ設置した。また，各アームの先端には白色の餌皿（高さ 4 cm，直径 3.2 cm，深さ約 2 mm）を設置した。実験の報酬には飼育飼料と同じ餌ペレットを使用した。

アーム幅 5 cm 条件では各アームの幅は 5 cm のままで実験を行った。アーム幅 3 cm 条件では，厚さ 5 mm の白色の塩化ビニール製の板を側面に 2 枚ずつ貼りつけることでアーム幅を調節した。シリコンカーテン条件では，幅 5 cm のアームの入口から 12 cm の地点に半透明の 0.5 mm 厚のシリコンシートを 5 mm 幅の短冊状に切り込みを入れたカーテンを設置した。短冊状のシリコンシートの垂直姿勢を保つため末端に 0.2 g の鉛の錘を取り付けた。

手続き　10 匹の被験体について，5 cm 条件に 3 匹，3 cm 条件に 3 匹，シリコンカーテン条件に 4 匹を割り当てた。まず装置の探索を 1 回行った。すべての群についてアーム幅を 5 cm とした条件下で迷路内手がかりを設置した状態でギロチンドアは全て開放し，各群のキンギョを同時に 30 分間探索させた。餌報酬は与えなかった。次に強制選択による予備訓練を行った。あらかじめ餌皿に 1 粒ずつ餌ペレットを置き，アームがすべて閉まった状態でキンギョをプラットホームに入れた。60 秒後にドアを 1 つだけ開けた。餌皿から餌ペレットを食べたら次のアームのドアを開け，中央のプラットホームに戻ってくると餌を食べたアームのドアを閉めた。アームを開ける順番はランダムに決定した。制限時間を 10 分間とし，制限時間内で全てのアームに進入し餌を食べるようになるまで訓練を行った。アーム幅 3 cm 条件では左右の壁への 5 ミリ厚の塩ビ板を順次追加して段階的に狭化した。シリコンカーテン条件では，初めはカーテンのない状態から訓練を初め，徐々に短冊状のカーテン部分を追加した。予備訓練以降は訓練で与える実験餌のみで飼育した。予備訓練は 1 日に 1 試行で 10 – 15 日間行った。

次いで，自由選択課題を 40 日間行った。餌皿に餌を 1 粒ずつ置き，アームが閉まった状態でキンギョをプラットホームに放ち，60 秒後に全てのドアを開けた。被験体の全身がギロチンドアを通過することを選択の基準とし，一度進入したアームに再進入することを誤反応の基準とした。全てのアームの餌を食べ終わってプラットホームに戻ってくると試行を終了とした。これを 1 日に 1 試行行った。

結　　果

予備訓練を完了した個体は，5 cm 条件が 3 匹，3 cm 条件が 3 匹，シリコンカーテン条件が 2 匹であった。5 cm 条件と 3 cm 条件では全個体が予備訓練を完了したが，シリコンカーテン条件では半数の被験体がカーテンを通過してアームを出入りする行動を獲得できなかった。

キンギョが行った最初の 8 回の選択で何個の餌を獲得できるかを正選択数の指標とした。被験体が一度進入したアームに再進入せずに遂行した場合には，最初の 8 選択で 8 個すべての餌を獲得できる。これに対し，既進入アームへの再進入エラーが多いほど，最初の 8 選択で獲得できる餌の数は少なくなる。動物がアームの既進入・未進入にかかわらずにランダムな遂行を行った場合に最初の 8 選択で獲得できる餌の数は 5.3 となることが示されている (Olton, 1978)。各群の最初の 8 選択中における平均正選択数を Figure 1 のパネル（A）に示した。図中の点線はチャンスレベルの 5.3 を示す。全 40 試行の訓練を 8 試行毎に平均し，5 つの訓練ブロックに分けて分析を行った。5 cm 条件とシリコンカーテン条件では第 4 ブロックまではチャンスレベルを超える遂行は認められなかったが，シリコンカーテン条件では第 5 ブロックで遂行成績の向上が認められた。これに対し，3 cm 条件

では，第 1 ブロックではチャンスレベル付近であった遂行は訓練にしたがって向上する傾向が示された。Figure 1 のパネル（A）に示したデータについて，群（3）×ブロック（5）の分散分析を行ったところ，群の主効果（$F(2,5) = 20.203$, $p = .004$）およびブロックの主効果（$F(4,20) = 4.023$, $p = .015$）が有意であった。群×ブロックの交互作用は有意ではなかった（$F(8,20) = .904$, $p = .532$）。有意であった群の主効果についてライアン法によって有意水準を調節した t 検定を用いた対比較を行ったところ，3 cm 条件の正反応数が 5 cm 条件およびシリコンカーテン条件よりも有意に多いことが示された（$ps < .05$）。5 cm 条件とシリコンカーテン条件では有意な差は認められなかった。有意であったブロックの主効果についてライアン法によって有意水準を調節した t 検定を用いて対比較を行ったところ，正反応数は第 1，3，4 ブロックよりも第 5 ブロックにおいて有意に多いことが示された（$ps < .05$）。

各群におけるすべてのアームに進入するまでに生じた再進入エラーの数を Figure 1 のパネル（B）に示した。3 cm 条件では訓練当初からエラー数が少なかった。シリコンカーテン条件では訓練初期のエラー数はやや多かったが，訓練にしたがって低下し，第 4 － 5 ブロックでは 3 cm 条件とほぼ同じ水準に達した。5 cm 条件では第 1 ブロックのエラー数が非常に多かったが，訓練にしたがって低下した。5 cm 条件では，第 3 － 5 ブロックでエラー数の変化が認められなかったことから漸近値に達したと考えられるものの，3 cm 条件やシリコンカーテン条件よりもエラー数が多かった。Figure 1 のパネル（B）に示したデータについて，群（3）×ブロック（5）の分散分析を行ったところ，群の主効果（$F(2,5) = 8.168$, $p = .027$）およびブロックの主効果（$F(4,20) = 5.723$, $p = .003$）が有意であった。群×ブロックの交互作用は有意な水準に達しなかった（$F(8,20) = 2.152$, $p = .079$）。有意であった群の主効果について，ライアン法によって有意水準を調節した t 検定を用いて対比較を行ったところ，3 m 条件と 5 cm 条件の間に有意な差が認められた（$p < .05$）。5 cm 条件とシリコンカーテン条件，3 cm 条件とシリコンカーテン条件では有意な差は認められなかった。有意であったブロックの主効果についてライアン法によって有意水準を調節した t 検定を用いて対比較を行ったところ，エラー数は第 1 ブロックよりも第 2，3，4，5 ブロックで有意に低減したことが示された（$ps < .05$）。

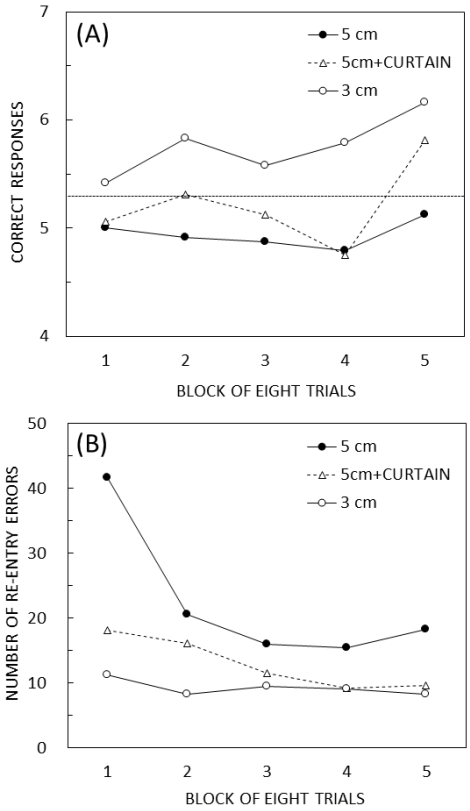

Figure 1 (A) Mean number of different arms entered for the first eight choices in each group. A dotted line represents the chance level (5.30) that would be expected if the fish responded randomly with replacement. (B) Mean number of re-entry errors to complete a trial in each group.

考　　察

本研究はキンギョにおける放射状迷路遂行におよぼすアーム特性の効果を検討することを目的とした。アーム幅が 5 cm で障害物がない条件，アーム幅は 5 cm だがシリコンカーテンが障害物として設置された条件，および障害物はないがアーム幅が 3 cm に狭化された条件を被験体間計画で比較したところ，アームの狭化によって正反応率が向上するとともに誤反応数が低下することが示された。実験者の非形式的観察によると，体長 5 cm 以上のキンギョは 3 cm 幅のアームに進入した場合には，アーム内での転回がほぼ不可能であるために，採餌後には後退するかたちで中央プ

ラットホームに戻った。アームの狭化により進入と退出に関わる運動様式が制限されることがキンギョの遂行に影響したのではないかと考えられる。しかしながら，アームの狭化は入退出を困難にするだけでなく，迷路内での各アームの空間位置をより限定することで，各アームをより特定化した可能性が考えられる。このような空間位置の特定性の向上は各アームの空間的弁別性を向上させ，この弁別性が遂行成績の向上の原因となった可能性も考えられる。この問題について，例えば，アームの入り口付近は狭いが餌皿付近の目標地点で十分な大きさの空間があり，内部での転回が容易なアームと，本研究で使用したような内部での展開が困難なアームの比較を行うことにより，アームの狭化が入退出反応の制限とアームの空間的弁別性のいずれを通じて遂行成績に寄与するのかを明らかにできるかもしれない。すなわち，アームの空間的弁別性が遂行の規定因である場合には，両条件での差異は予測されないが，アームへの入退出の難易度が遂行成績の規定因である場合には，アーム内での転回が困難な条件で優れた遂行が予測される。

シリコンカーテンの設置については，アームの狭化とは異なる型の影響が認められた。すなわち，アーム進入に物理的な障害となるシリコンカーテンの設置により，誤反応は有意に低下したが，正反応の向上については明確な影響は認められなかった。この原因としていくつかの可能性を考えることができる。第 1 に，シリコンカーテンがアームへの入退出を過剰に困難にしたために成績が安定しなかった可能性である。入退出反応が過剰に困難になったために，キンギョごとに特定のアームを忌避する傾向が発達してしまい，特定の忌避アームへの正反応が生じにくくなったのかもしれない。このことは，シリコンカーテン条件に割り当てられた 4 匹の個体のうちの 2 匹がカーテンを通過してアームに進入・退出する反応を獲得できなかったことからも示唆される。第 2 に，シリコンカーテンの設置により，カーテンの先の視覚情報が遮られたことにより，迷路内手がかりの利用が制限され，アームの同定が困難になった可能性が考えられる。本研究のデータのみからシリコンカーテンの設置が遂行成績の向上に寄与しなかった原因の詳細を分析することは困難である。しかしながら，アーム幅 3 cm 条件の遂行が最も優れていたという本研究の結果からは，放射状水迷路におけるアーム特性は，視界を遮らないものであること，また障害物としてアームへの入退出を過剰に困難にしないものが適していることが示唆される。

本研究はキンギョにおける放射状水迷路課題の成績を向上させるための要因としてアーム特性の効果を検討した。その結果，アームの狭化が遂行成績の向上に寄与する要因であることが示された。今後検討すべき課題として，以下のような問題が考えられる。第 1 に，個体間一般性の問題である。本研究は少数の個体から得られた結果である。分散分析におけるアーム特性の効果が有意であったという結果は，被験体数の少なさを考慮した上でも偶然とは考えにくい水準でアーム特性が遂行成績に影響を与えたことを示している。しかし，さらに多くの個体による検討によって個体間一般性を確認することが必要であろう。

第 2 に，本研究では，アーム特性は群間要因として操作されたため，特性の異なるアーム間の選択行動をラットで比較した Brown(Brown, 1990; Brown & Huggins, 1993; Brown & Lesniak-Karpiak, 1993) の結果と直接的な比較を行うことができない。前述のように，Brown は長いアームと短いアームあるいは平坦なアームと上り坂のアームが混在する放射状迷路では，一度進入したアームに対する再進入エラーは，短いアームや平坦なアームで多く，長いアームや上り坂のアームで少なくなること，および明所へのラットの忌避傾向を利用した黒いアームと白いアームが混在した放射状迷路では，忌避傾向の強い白いアームにおける再進入エラーが少ないことを見いだしている。Brown は，一連の研究における誤反応を信号検出理論によって分析した結果，これらのアーム特性は記憶の確かさ，すなわち d' で示される既進入アームと未進入アームの弁別性ではなく，ラットの反応基準に作用した結果として遂行に影響を与えたことを示している。すなわち，アーム特性は，アーム進入や餌摂取に関する記憶の確かさや保持に影響するのではなく，進入が困難なアームにはより厳しい判断基準に基づいて弁別的に進入するように影響したと考えられる。キンギョでは，強化の有無に関する単一交替系列の学習や視覚同時弁別の連続逆転学習における漸次的改善等のラットでは認められる現象が確認できないことが知られている (e.g., Bitterman, 1965)。放射状迷路遂行におけるアーム特性の効果についても，ラットの先行研究のような特性の異なるアームが混在する場面におけるキンギョの放射状迷路遂行を検討することによって，アーム特性が記憶そのものではなく反応基準に影響するというラットと同様の結果がキンギョでも示されるのか，それと

もキンギョではアーム特性はラットとは異なる様式で遂行に影響するのかについて明らかにすることが必要であると考えられる。

アーム特性の効果における種差の問題については，各種のアーム特性の操作がどのような心理学的過程を通じて放射状迷路遂行に作用するのか，というラットにおいても明確にされていない問題との関連においても検討する必要があると考えられる。序で述べたように，ラットの放射状迷路遂行におけるアームの長さや傾斜あるいは明暗は，ラットの反応基準に作用することで遂行に影響することが示されている (Brown, 1990; Brown & Huggins, 1993; Brown & Lesniak-Karpiak, 1993)。しかしながら，これらのアーム特性がどのような心理学的なメカニズムでラットの反応基準に影響を与えるのかは明らかにされていない。Brown (1990) はアーム特性がラットの反応基準に影響する原因として 3 つの可能性を挙げている。第 1 は，アームの傾斜や長さはエネルギーコストを変化させるので，その結果としてのエネルギーコストと餌報酬の利益の比の変化がラットの反応基準に影響する可能性である。これには主に弁別反応に要する運動的な負荷の作用が該当する。第 2 は，アームの傾斜や長さはそのアームを選択してから餌報酬を獲得するまでの時間的遅延に影響することから，選択行動場面における強化までの遅延時間の作用を通じてラットの反応基準に影響する可能性である。第 3 は，例えば平坦なアームに比べて上り坂のアームではエネルギーコストが上昇するだけでなく，アームの末端にある餌を獲得するために高所に登ることを被験体に求めることになる。高所に登ることに対する恐怖の水準がラットの反応基準に影響した可能性も考えられる。これらの可能性は相互に排他的ではないと考えられるため，アーム特性に応じて複合的に作用する可能性が十分に考えられる。一方で，もしラットとキンギョの間でアーム特性がもつ作用に種差が認められた場合には，これらの心理学的過程のいずれに関わる種差であるのかが問題となる。すなわち，エネルギーコストと利益の関係における種差であるのか，強化の遅延に対する敏感さにおける種差であるのか，あるいはアーム特性と情動反応の関連における種差であるのかを明らかにするような取り組みが必要となるだろう。放射状迷路におけるアーム特性の違いがどのような過程で選択行動に影響するのか，それぞれの種において特定するための検討が必要である。

第 3 に，適切な特性を持つアームの設定によってキンギョの基本的な遂行成績を向上させることにより，さらに複雑な課題の遂行を検討する必要があると考えられる。ラットでは放射状迷路の進入順序を実験者が指定する強制選択とその後の自由選択を組み合わせる方法により，記憶の順向性干渉 (Roberts & Dale, 1981; Cohen, Reid, & Chew, 1994)，記憶の系列位置効果における初頭性効果や新近性効果 (DiMattia & Kesner, 1984; Harper, McLean, & Dalrymple-Alford, 1993; Kesner, Crutcher, & Beers, 1988)，あるいは記銘後の情報の能動的リハーサル制御に関する指示忘却 (谷内・坂田・上野, 2013) 等の複雑な認知過程に関する検討が行われている。これらの現象については，ベースラインとなる遂行成績から，干渉や系列位置，あるいは記憶テストの有無に関する指示の正確性によっていかに遂行成績が “低下” するかを検討することが必要になる。このため，ベースラインとなる遂行成績はチャンスレベルを超えるだけでは不十分であり，諸要因による遂行の低下を検出可能な比較的高い水準が必要となる。キンギョの放射状迷路課題においても，適切なアーム特性の設定により高い遂行成績を安定的に得ることができれば，これらの複雑な認知過程に関わる諸現象の検討が可能になると考えられる。キンギョの放射状迷路遂行を規定する要因について検討するとともに，さらに複雑な認知過程の検討へと展開する必要がある。

謝　　辞

本研究は，第 1 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

Bitterman, M. E. (1965). Phyletic differences in learning. *American Psychologist*, **20**(6), 396–410.

Brown, M. F. (1990). The effects of maze-arm length on performance in the radial-arm maze. *Animal Learning & Behavior*, **18**(1), 13–22.

Brown, M. F., & Huggins, C. K. (1993). Maze-arm length affects a choice criterion in the radial-arm maze. *Animal Learning & Behavior*, **21**(1), 68–72.

Brown, M. F., & Lesniak-Karpiak, K. B. (1993).

Choice criterion effects in the radial-arm maze: Maze-arm incline and brightness. *Learning and Motivation*, **24**(1), 23–39.

Cohen, J. S., Reid, S., & Chew, K. (1994). Effects of varying trial distribution, intra-and extramaze cues, and amount of reward on proactive interference in the radial maze. *Animal Learning & Behavior*, **22**(2), 134–142.

Cook, R. G., Brown, M. F., & Riley, D. A. (1985). Flexible memory processing by rats: Use of prospective and retrospective information in the radial maze. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **11**(3), 453–469.

Craig, M., Rand, J., Mesch, R., Shyan-Norwalt, M., Morton, J., & Flickinger, E. (2012). Domestic dogs (*Canis familiaris*) and the radial arm maze: Spatial memory and serial position effects. *Journal of Comparative Psychology*, **126**(3), 233–242.

DiMattia, B., & Kesner, R. P. (1984). Serial position curves in rats: Automatic versus effortful information processing. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **10**(4), 557–563.

Harper, D. N., McLean, A. P., & Dalrymple-Alford, J. C. (1993). List item memory in rats: Effects of delay and delay task. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **19**(4), 307–316.

Hughes, R. N., & Blight, C. M. (1999). Algorithmic behaviour and spatial memory are used by two intertidal fish species to solve the radial maze. *Animal Behaviour*, **58**(3), 601–613.

Hughes, R., & Blight, C. M. (2000). Two intertidal fish species use visual association learning to track the status of food patches in a radial maze. *Animal behaviour*, **59**(3), 613–621.

Kesner, R. P., Crutcher, K., & Beers, D. R. (1988). Serial position curves for item (spatial location) information: role of the dorsal hippocampal formation and medial septum. *Brain Research*, **454**(1), 219–226.

Laughlin, K., & Mendl, M. (2000). Pigs shift too: foraging strategies and spatial memory in the domestic pig. *Animal behaviour*, **60**(3), 403–410.

Macpherson, K., & Roberts, W. A. (2010). Spatial memory in dogs (*Canis familiaris*) on a radial maze. *Journal of comparative psychology*, **124**(1), 47–56.

Mueller-Paul, J., Wilkinson, A., Hall, G., & Huber, L. (2012). Radial-arm-maze behavior of the red-footed tortoise (*Geochelone carbonaria*). *Journal of Comparative Psychology*, **126**(3), 305–317.

Olton, D. S. (1978). The function of septo-hippocampal connections in spatially organized behaviour. In S. H. Hulse, H. Kowler, & H. W. K (Eds.), *Cognitive processes in animal behavior*. N. J.: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 341–373.

Olton, D. S., & Collison, C. (1979). Intramaze cues and “odor trails” fail to direct choice behavior on an elevated maze. *Animal Learning & Behavior*, **7**(2), 221–223.

Olton, D. S., & Samuelson, R. J. (1976). Remembrance of places passed: Spatial memory in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **2**(2), 97–116.

Roberts, W. A., & Dale, R. H. (1981). Remembrance of places lasts: Proactive inhibition and patterns of choice in rat spatial memory. *Learning and Motivation*, **12**(3), 261–281.

Roberts, W. A., & Van Veldhuizen, N. (1985). Spatial memory in pigeons on the radial maze. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **11**(2), 241–260.

Roitblat, H., Tham, W., & Golub, L. (1982). Performance ofbetta splendens in a radial arm maze. *Animal Learning & Behavior*, **10**(1), 108–114.

谷内通・坂田富希子・上野糧正 (2013). ラットの放

射状迷路遂行における指示忘却　基礎心理学研究, **31**(2), 113–122.

谷内通・鷲塚清貴 (2010). 放射状迷路におけるコイの遂行　金沢大学人間科学系研究紀要, **2**, 1–18.

鷲塚清貴・谷内通 (2006). キンギョにおける放射状迷路課題の習得　動物心理学研究, **56**(1), 27–33.

鷲塚清貴・谷内通 (2007). ゼブラフィッシュの放射状迷路遂行における順向性干渉　動物心理学研究, **57**(2), 73–79.

Wilkinson, A., Chan, H.-M., & Hall, G. (2007). Spatial learning and memory in the tortoise (*Geochelone carbonaria*). *Journal of Comparative Psychology*, **121**(4), 412–418.

Wilkinson, A., Coward, S., & Hall, G. (2009). Visual and response-based navigation in the tortoise (*Geochelone carbonaria*). *Animal cognition*, **12**(6), 779–787.

Yoshihara, T., & Ichitani, Y. (2004). Hippocampal n-methyl-d-aspartate receptor-mediated encoding and retrieval processes in spatial working memory: Delay-interposed radial maze performance in rats. *Neuroscience*, **129**(1), 1–10.

（2014 年 7 月 28 日受稿,　8 月 28 日受理）