魚にもこころはあるか？

---脊椎動物のこころの起源を探る---

理学部 生物学科　幸田正典

脊椎動物

ヒト 霊長類　哺乳類　鳥類　爬虫類　両生類　魚類

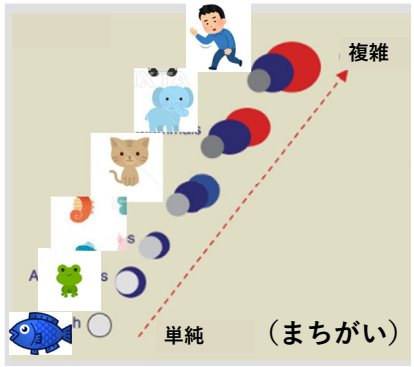
こころって何？

自分のこころ(心)は実感できるけど、
心は定義が最も難しい言葉の１つ

人間の精神作用のもとになるもの（広辞苑）

脳の働きで生じるもの

前世紀：脳の捉え方



新しい脳が追加されて進化してきた

ヒトには高度な心がある。
しかし魚類などには心はない

前世紀：脊椎動物の知性やこころの捉え方

（こころ、思考、洞察、予測、同情）

学習(かしこい)

本能（アホ）

（生得的反応、刺激反射）

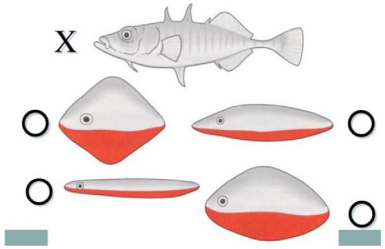
ヒトと魚が両極

：現在も

動物行動学：魚類の行動は刺激への反射

トゲウオの縄張り雄

攻撃



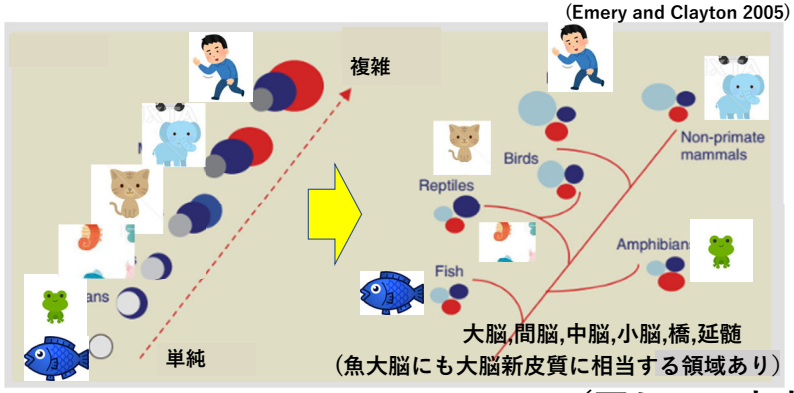
誰かもわかっていない

赤色の鍵刺激がオスの攻撃(反射)を引き起こす。
(→ 意図・目的もない)

魚にこころなどない　　(1950-　　)

今世紀：新しい脳の捉え方

(Emery and Clayton 2005)

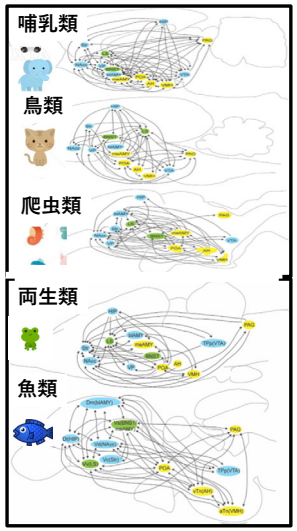


前世紀の捉え方(間違い)　新しい捉え方（正しい：事実）

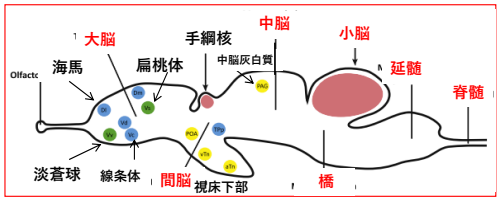
新しい脳が追加された　　脳構造は進化の初期段階で成立

脳神経科学の成果

最新の見解：脊椎動物の脳と神経回路



神経核と
神経回路



魚類の脳構造と神経核（哺乳類と相同）

(Bshary et al. 2014)

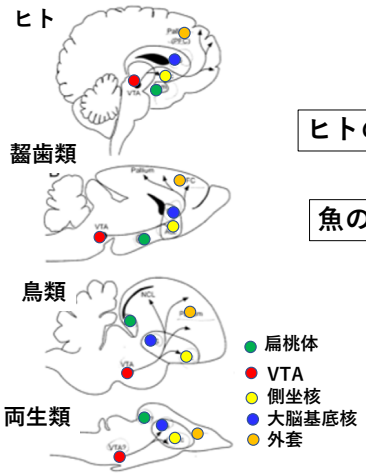
脳構造, 神経核, 神経回路はすべて共通

魚類も複雑な認知やこころがある！？

(O'Connell and Hoffman 2012)

やや脱線!

基本的な感情＝情動



情動処理に関係する脳の進化

(篠原・清水 2015)

ヒトの基本6情動：喜び, 悲しみ, 怒り, 嫌悪, 恐怖, 驚き

前世紀：爬虫、両生、魚類にはないとされた。

魚の基本情動：喜び, 悲しみ, 怒り, 嫌悪, 恐怖, 驚き

情動処理の神経基盤：中脳ドーパミン系

魚類にも哺乳類に類似した神経
回路や機能がある（篠原・清水 2015）

2010年頃から魚の認知能力の研究が始動　*は大阪市立大学

論理的思考
A>B & B>C
⇩
A>C

(2007 Nature)

(2014*, 2015*)

顔認識

(2015*)
(2016*)
(2017*)
(2018*)
(2019a*)
(2019b*)
顔で相手を個別に識別する

嘘をつく

(2006 Science)

エピソード記憶

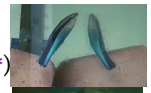
(2016)

道具使用

(2012)

遊び

(2014)

鏡像認知

(2019*)

救済・援助

(投稿準備中*)

共感と同情

(準備中*

メタ認知

(実験中*

魚の高度な認知能力は霊長類に匹敵！

鏡像認知から「高度なこころ」へ

鏡像認知：鏡に映る姿を自分と認識できる能力

＝自分を他者とは別の個人であると認識する能力
（自己認識）

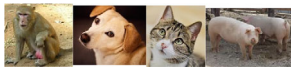
⇨ 自分自身や自己の存在に気がつく（意識上にあがる）能力
自己意識（自意識）

鏡像認知　⇨　自己認識
自己意識　⇨　高度なこころ
（自意識）　（≒ヒトのようなこころ）

(Gallup 1985, 1987; Basile et al 2013)

鏡像認知ができる動物；

（できなかった動物>100種）



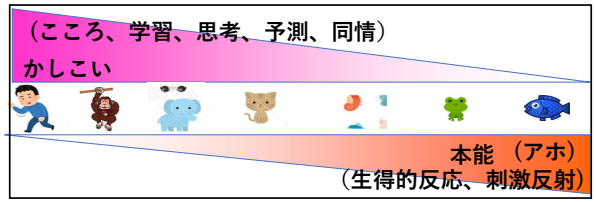
(Gallup 1970)
チンパンジー
4/4個体
(累計約50/100, 50%)

(Reiss et al. 2001)
イルカ
2/2 (100%)

(Plotnik et al. 2006)
ゾウ
1/3 (33%)

(Prior et al. 2008)
カササギ
2/5 (40%)

(Kohda et al. 2019)
ホンソメワケベラ
（ホンソメ）
3/4 (75%)



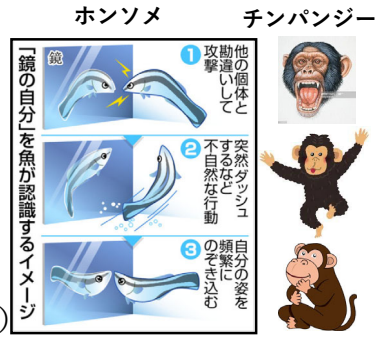
鏡像認知までの過程

はじめて鏡を見ると：

1　**社会行動**　（攻撃、挨拶）
　　他個体と勘違い

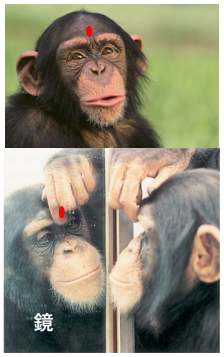
2　**随伴性の確認**
　　自分かどうかの確認

3　**自分の顔を何度も見る**
　　自分と認識しはじめる
（鏡像認知のできはじめ？）



これでは決定的証拠とは言えない

マークテスト(ルージュテスト)：



1) 鏡像認知ができたと思われる動物の額や喉(直接見えない)に印(マーク)をつけ、

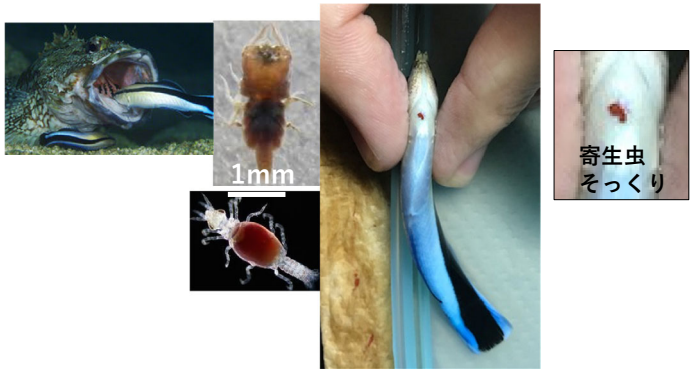
2) 鏡を見た時だけマークを擦れば(触れば)、

3) 自分にマークがついていると認識していることの証拠！

マークテストに合格

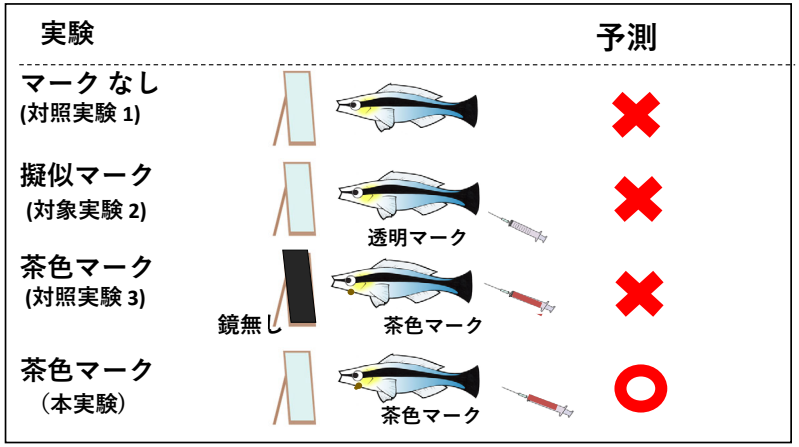
鏡像が自分だとわかっている＝鏡像認知ができる証拠

ホンソメを選択した理由：掃除魚で魚類の寄生虫をとる。
マークを気にするだろう。喉に入れ墨（マークテスト）



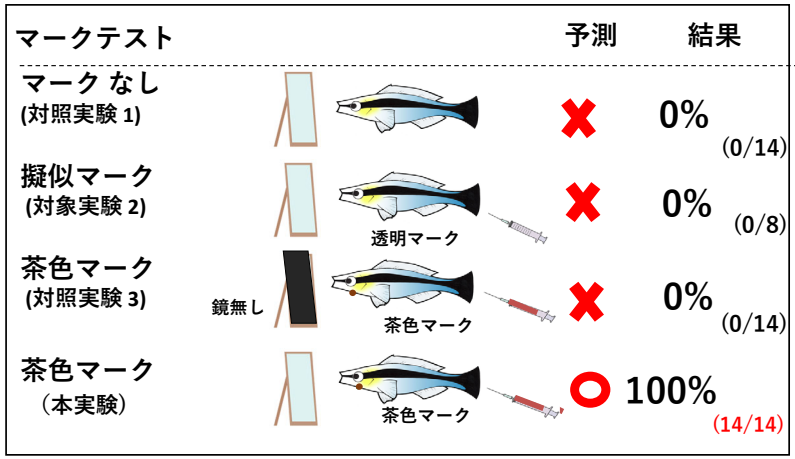
（予想）
鏡で喉の寄生虫だとみなせば底で擦る

鏡を見慣れた新たな14個体で実験 (by 院生・4回生)

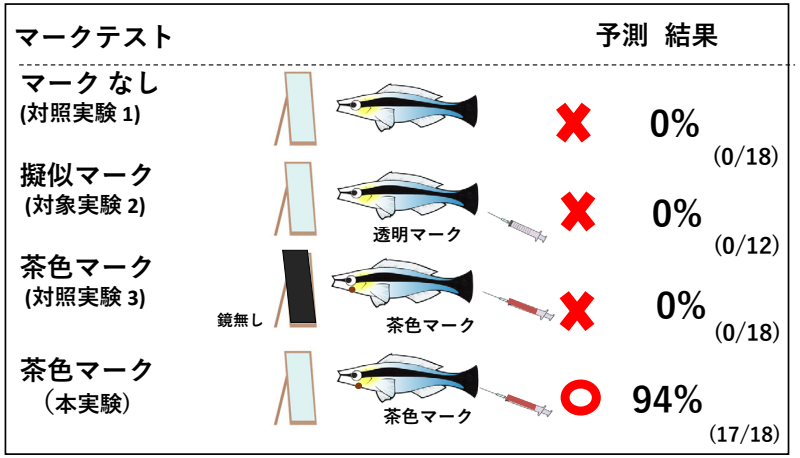


予想通りだとマークテスト合格！　自己認識できる！

結果や如何に？　2019論文ではホンソメは、3/4が合格



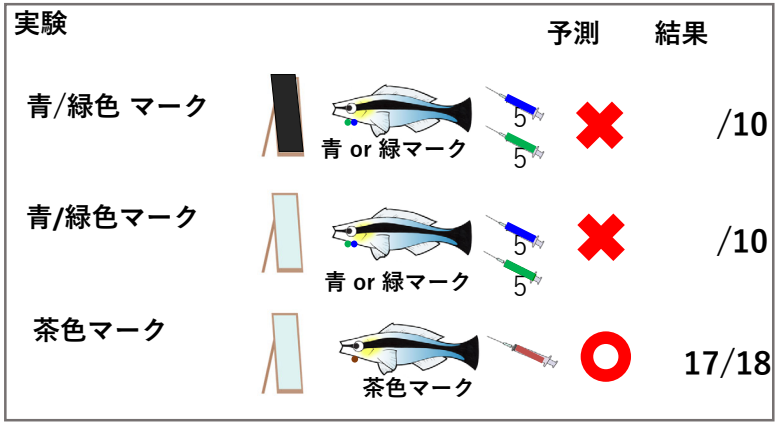
幸田はノータッチ！ 追試実験は大成功！



サンプル数(n=18)は、チンパンジーに次いで世界第２位。
合格率94%は世界新（チンパンジーは約50%、ゾウ30%、カササギ40%）

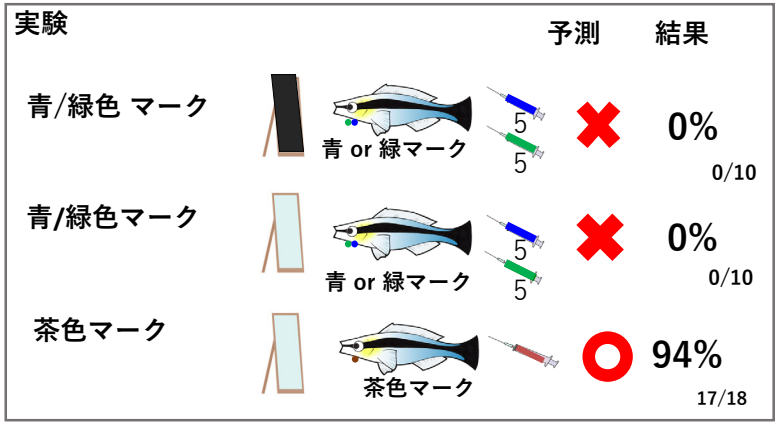
ホンソメワケベラは鏡像認知ができる

寄生虫に見えないマークだと？



予想： 青や緑色マークは寄生虫とは見えず擦らない

寄生虫に見えないマークはどうする？



青や緑のマークは見えても擦らない.

合格
不合格

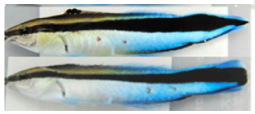
マークの色(意味)はとても重要！

マークテストに合格しなかった動物を再検討

(Roberts 2011)

(Broom et al. 2009)

(Ohnishi per com)



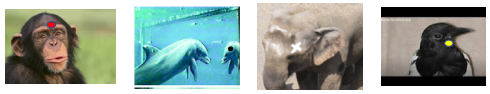
そもそも直接マークを見ても気にしない！
（意味のないマーク）

体側のマーク（寄生虫似）
を直接見て何度も擦る！
（意味のあるマーク）

ほとんどの実験はこの前提の確認なし。
ほとんどの実験が失敗の可能性大

無意味マークと生態的マーク

50%(n=100)　100%(n=2)　30%(n=3)　40% (n=5)



無意味マーク
関心がある

成功（合格）

94%
(n=18)

生態的マーク
世界で初めて！
全個体が気にする！

マークテスト
失敗

0％　0％　0%　0%　0％

無意味マーク
関心がないので
見えていても
触らない！？

無意味マークを触らない場合、鏡像認知の有無が判定できない！

実験失敗の例数は多い（総数＞100種）

無意味マーク
関心がない
ので触らない！

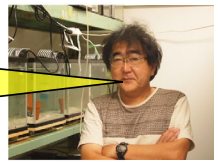
Povinelli教授

不合格だ。
鏡像認知ができない。
自己認識できない。

生態的マーク

世界の通説
はまちがい

ホンソメのように
生態的マークなら多種が反応。
＝鏡像認知ができる。
自己認識できる。



動物の鏡像認知を
不当に過小評価している！

＜ここまでの結論＞

ホンソメは鏡像認知できる。

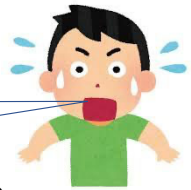
多くの動物は鏡像認知ができるだろう

ホンソメは鏡像認知できる。

彼らはどうやって鏡像認知するか？

自己意識があるのか、形成過程を
探る重要な手がかり。

でも動物の実証研究がまったくない！！



大型類人猿、ゾウ、イルカ、カササギ

ヒトの鏡像認知のやり方

ヒト：自分顔のイメージに基づき鏡像認知する。
このやり方で自己認識し、自己意識を持つ

(Keenan 2003)

動物：ヒトと同様な鏡像認知をするなら、
同様な自己意識と高度なこころを持つ。

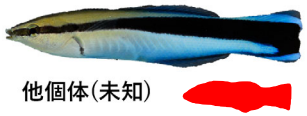
(Gallup 1985, 1987)

そこで、

世界で初めて動物(魚)で鏡像認知のやり方を調べた。

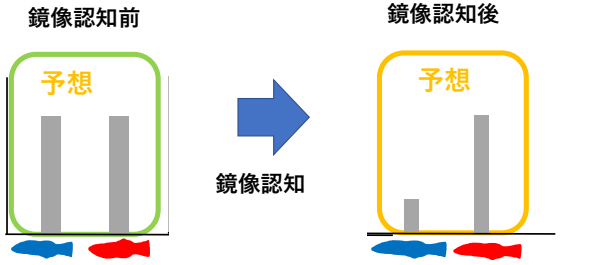
魚は自分の姿を自分と認識？(写真で実験)

自分自身

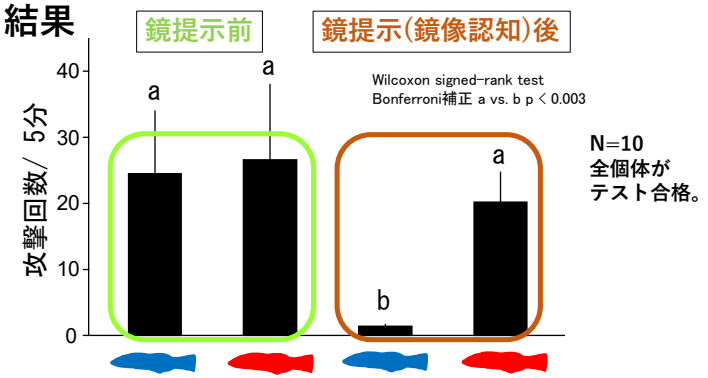


他個体(未知)

ホンソメは知らない個体を攻撃する



結果



N=10
全個体が
テスト合格。

鏡提示前：他人と勘違いする。

鏡提示後：自分自身と認識。

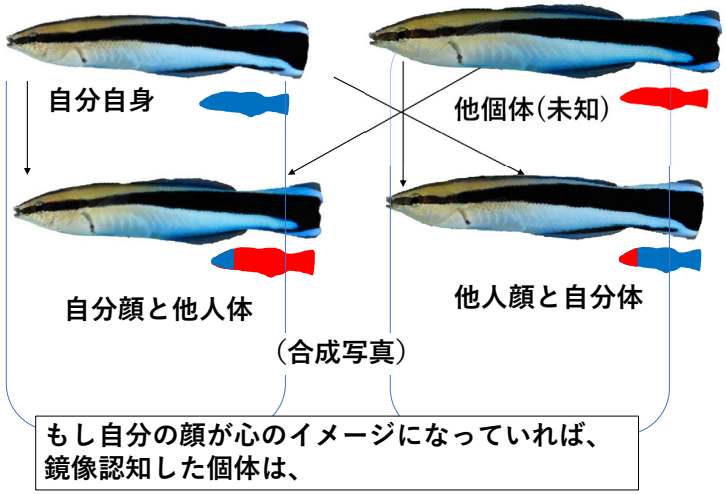
写真のどこで認識した？　顔？

ホンソメの顔

ヒトの顔は個体変異が多く、
自己イメージがしやすい。
（他者のイメージも！）

顔にソバカスの個体変異がある

ホンソメも自分の顔のイメージを持つ可能性？

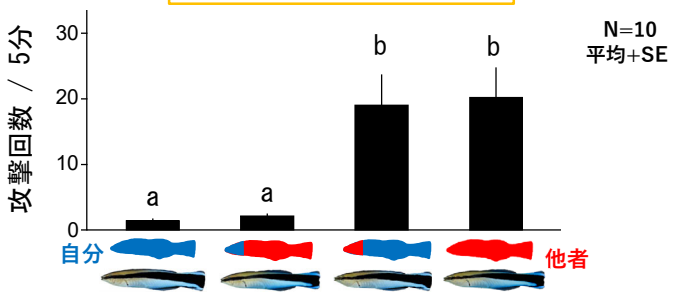


もし自分の顔が心のイメージになっていれば、
鏡像認知した個体は、

予想　攻撃しない　　攻撃する

結果

鏡像認知ができた後の反応



ホンソメは顔で自己か他者かを認識！
＝ヒトのように顔の心的イメージがある！

ヒトのやり方とそっくり！

**動物が自己顔の心的イメージを持ち、
鏡像認知することを世界で初めて証明！**

結 論

De Waal教授
チンパンジー研究
の世界的第一人者。
2020年１月のシンポ
での我々のこの発表
に強く賛同。

魚も自分の顔の心的イメージを
持ち、鏡に映る顔で自分と認識し
ている！

自己意識の持ち方に
魚とヒトで高い共通性

魚類にはヒトに近い高度なこころがありそう！

多くの脊椎動物は自己意識があり高度なこころを持つだろう！

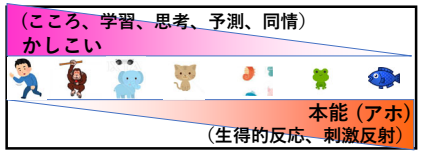
魚もヒトのように高度なこころを持つ

私は間違っていた！

デカルト
（動物機械論）

動物の捉え方のコペルニクス的転回。

これは大間違い



より正しい（仮説）

動物の捉え方の変革の時が来ている

大阪市大で魚の認知と高度なこころについて研究が始まる

論理的思考

(2014, 2015)

意図的騙し

(継続中)

エピソード記憶

(計画中)

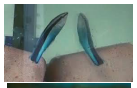
顔認識

(2015)
(2016)
(2017)
(2018)
(2019a)
(2019b)

顔で相手を個別に識別する

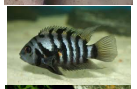
情動が絡んだ認知能力（こころ）

鏡像認知



(2019)

援助行動



(投稿準備中)

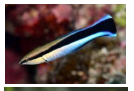
共感や同情

(準備中)

情動伝染

(実験中)

メタ認知



(実験中)

鍵刺激の再検討

(開始した)

魚類の高度な認知とこころを極めます！

どうか実験室をよろしくお願いします。

北海道大学石原助教

アメリカザリガニ

シオマネキ

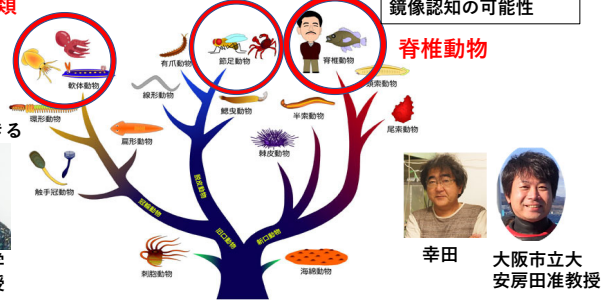
顔で個別に個体識別。
鏡像認知の可能性

頭足類

甲殻類

脊椎動物

イカは鏡像認知できる



琉球大学
池田教授

幸田

大阪市立大
安房田准教授

高い社会性・視覚認知と運動性・中枢神経が3門で発達！

頭足類や甲殻類が相似のこころ(自己意識)を持つ可能性

この認知進化生態学プロジェクトは本学での学術変革領域研究として現在準備中

ご清聴ありがとうございました。

本研究は大阪市立大学の戦略的研究「重点研究」の補助を受けています。