

令和元年6月27日現在

機関番号：24402

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K18712

研究課題名(和文)脊椎動物における顔認識機構とその進化：魚類の顔認識様式の解明から

研究課題名(英文)The evolution face recognition in vertebrates: from the studies of fish face recognition

研究代表者

幸田 正典(kohda, Masanori)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：70192052

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：N. pulcherでの顔認識の倒立効果が検証され、また魚が相手個体の顔に注目することが確認できた。この倒立効果は、魚類の顔認識もヒトや霊長類と同様に顔認識で全体処理をしていること、そしてそのための神経基盤が存在することを示唆している。このことは、少なくとも重要な感覚神経とその処理回路が魚の段階で進化していた可能性を示唆する。さらに顔を注目する事もヒトや霊長類の顔認識との高い類似性を示している。また真の個体識別についても確認できた。これら本研究での発見から、脳神経回路における系統的な相同性が伺われる。我々は、これら一連の顔認知能力とその神経基盤は魚類の進化段階で確立したとの仮説を提唱したい。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、魚からヒトまでの脊椎動物の顔認知が、全体処理能力を伴ないかつ瞬時の処理をするなど多くの面での高い類似性を示した。この発見は、顔認識過程の脊椎動物での相同性を示唆しており、顔認識様式が脊椎動物の初期進化段階で進化した可能性の高さも示唆している。さらに顔神経という共通の神経基盤を共有している可能性が高い事も推察される。魚類の認知と顔神経の関連性の指摘が、脊椎動物の脳神経科学へ与える影響は極めて高いと考えられ、魚類を含む脊椎動物での認知神経系の解明が今後促進されることが期待される。また、本課題と今回の諸成果は、この分野が脊椎動物の社会認知進化研究の好材料となり得ることを示している。

研究成果の概要(英文)：In the two study years, we evidenced, 1) true individual recognition, 2) inversion effect in face recognition, and 3) face viewing pattern in the subject fish *Neolamprologus pulcher* in laboratory experiments. In face viewing, fish pay attention to facial area not to the other body parts, and distinguish familiar fish individually so quickly as 0.4 second as in the human cases of 0.45 seconds. The face recognition of this fish and these results suggest that the face recognition system of fish will have neural bases such as 'face neuron', and the face-recognition systems are quite similar to those of primates and mammals. We hypothesize that the face neuron-system will evolve in the early evolutionary stage of fishes in the Devonian period in Paleozoic era. The neuron-anatomical study of fish brain will be important for considering the hypothesis.

研究分野：認知科学

キーワード：顔認知 倒立効果 個体識別 脊椎動物 脳神経回路の相同性 系統進化

1. 研究開始当初の背景

本課題研究が始まる 2017 年は、魚類の顔認知については我々の研究で 2 種で明らかにされていた(Kohda et al. 2015; Satoh et al. 2016)。一種は *N. pulcher* であり、もう一種は南米のカワズメ科魚類ディスカスである。そこでは、顔の模様だけで個体識別していること、しかもそれが瞬時にかつ正確になされる事がわかっていた。我々は、この顔認知がヒトやチンパンジーの顔認知(瞬時のかつ正確な認識)と類似している事に大きな興味を持っていた。すなわち、社会性の高い魚類が(*N.p* は協同繁殖、ディスカスは一夫一妻型繁殖)類人猿とは独立にこの認知能力を進化させたのか、あるいは相同性に基づいて進化したのか、という 2 つのどちらがより正しいのか、強く興味を持っていた。そして、この時点では、さまざまな特性を配慮した場合、これまでの常識ではまったく考えられない、共通の祖先が顔神経という共通の神経基盤をもち、この認知能力は相同的な能力であるとの仮説を考えていた。

2. 研究の目的

今課題研究の目的は、魚類で見つかった顔認知が(Kohda et al. 2015; Satoh et al. 2016)、ヒトやチンパンジーの顔認知と同じような神経基盤を持っていること、互いの顔認知能力が相同である事の検証に向かうために、1) 魚類でも顔認知に基づく「真の個体識別」ができるかどうか、2) ヒトやチンパンジーで知られている「顔の倒立効果」が存在するのかどうか、3) ヒトやチンパンジーでアイトラッキングの手法で解明されている、顔に対する強い興味を魚も持つのかどうか、これらを実験室での水槽実験により、検証する事にある。これらが魚でも検証されれば、魚の顔認知の諸プロセスは、ヒトの場合との類似性が高いことになる。

これらを明らかにする事で、魚とヒトの顔認知の相同性について検討ができる。しかしながら、魚類が顔により個体認識できるという事実は、広くは認識されていない。むしろ、魚は刺激を受け取って反射的に反応すると思われており、上述の 3 つの課題そのものだけでも、十分な大きな研究課題である。

3. 研究の方法

全ての研究は本学理学研究科の水槽実験室にて実施するが、それぞれの方法は、1)-3)について個別に解説する。

1): 既知の個体か未知の個体かの判定、これが単純な個体識別である。真の個体識別とは、複数の既知個体を A, B, C と区別できる事であり、高度な社会生活を送る動物にとっては必要不可欠な認知であるが、魚類では確認されていなかった。我々は、水槽越に実験していた紳士協定研究の方法を応用して、親愛なる隣人の位置を動かす事で、隣人を個別に認識している事を示す事にした。方法は別刷り Saeki et al. (2018)を参照。

2): 「顔の倒立効果」とは、ヒトではじめて確認された。ヒトでは正立の顔はすぐに識別できるが、それを上下逆さまにすると、急に識別が難しくなる現象である。我々は実験個体にとって既知個体と未知個体の顔の写真を用意した。個体は区別し、未知の方をよく見る事がわかっている。そこで倒立にした顔を提示し、既知と未知顔への注視回数や注視時間を調べた。詳しい方法は Kawasaka et al. (2019)を参照の事。

3): ヒトやチンパンジーではアイトラッキングという方法を用いて、対象個体が提示した写真のどこに注目しているのかを調べられる。この手法は水中の魚には応用ができない。そこで、それに変わる手法を開発し、その方法を用いて、魚の写真のうちどこをより頻繁に、より長く注目するのかを検討した。Hotta et al. (2019)を参照の事。

また、ホンソメワケベラ(ホンソメ)を用いた鏡像自己認知実験の成果も期間内に公表できた。同時に、我々はホンソメが自分を如何に認識するのかについて、自己の顔を認識しているのだろうかとの仮説を立て、その検証実験についても実施した。ホンソメの体のうち、顔部分に細かな黒点斑が分散しており、その様式が個体事に異なっている。

4. 研究成果

まず、真の個体識別については、予想通りの結果となった。プルチャーは既知か未知かで識別しているのではなく、知っている個体のうちで、個体を識別していたのである。この結果はヒトや霊長類と同じである。プルチャーも 10 数匹の大家族群で暮らしており、家族内の個体を個別に識別していることになるが、当然の結果とも言える。

顔の倒立効果についても、予想通りの成果が得られた。正立では本種の既知顔未知顔の識別はすぐにできたが、これらを倒立にして示すと、顔についてのみ未知顔と既知顔に識別が困難になったと結論できた。顔写真と同じような構成の複雑な水槽内の写真では、倒立にしても識別の時間に違いは生じなかった。このことは本種の顔にのみ倒立効果が生じる事になり、ヒトや類人猿での結果と同じ傾向が確認される事となった。この成果は、本種も顔については「全体処理」をしている可能性が高いと言える。さらに、この効果から、ヒトやサル類、ヒツジでは顔神経が知られているが、このことは魚類にも当てはまりそうである。

最後に、アイトラッカーにより明らかにされたヒトやチンパンジーの顔への高い興味は、魚の場合もあるのかについて検討した結果、レーザーポインターによる光点が目に入ると、本種は振り返って、その光点を両眼視しようとした。この性質を利用して本種が、同種個体の全身

写真のうち、顔、胴部、尾部のどこをよく見るのかを調べた結果、予想通り顔を見ている事がわかった。はじめの一回目から、その後も顔を頻繁に見ているのであり、この傾向はヒトの場合と差異はなかった。これらを考えると、視覚による顔を介した個体認識、個体の把握は硬骨行類からヒトに至るまでの脊椎動物全体を通して、むしろ共通している事が伺える。

この3つの結果の以外の成果である顔認識は魚類でも瞬時にかつ正確に行なえる事などを考慮すれば、さらに顔認識の認知過程は脊椎動物を通して共通性が高い事がわかる。このことから、我々は、ヒトの顔認識の認知動作は、魚類と相同性が高いのではないが、むしろ魚類の段階で脊椎動物の顔認知様式が確立されていたとの仮説が全体として支持されていると見なしている。

最後に、ホンソメの自己認識基準に関する研究では、自分の写真と、自分の顔未知個体の体、未知個体の写真と未知個体の顔と自分の体の4つを用意し、鏡像自己認知ができる前と後で低実験をしたところ、自分の顔の写真について、鏡像認知後に攻撃の程度が下がった。このことは、ホンソメは自分の顔を認識し、それに基づいて自己認識をしている事が強く示された。このような成果は、ほ乳類でも研究例がなく、まったく新しい研究成果であると同時に、鏡像自己認知の成果を強く支持するものである。この成果については、現在公表準備集である。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

1 Hotta T, Kawasaki K, Satoh S, Kohda M (2019) Fish focus primarily on the faces of other fish. *Scientific Reports*, 9:8377

[//www.nature.com/articles/s41598-019-44715-0](https://www.nature.com/articles/s41598-019-44715-0)

2 Kohda M, Hotta T, Takeyama T, Awata Satoshi, Tanaka H, Asai J, Jordan AL (2019)

If a fish can pass the mark test, what are the implications for consciousness and self-awareness testing in animals? *PLoS Biol* 17: e3000021.

[10.1371/journal.pbio.3000021](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000021)

3 Kawasaki K, Hotta T, Kohda M (2019) Does a cichlid fish process face holistically? Evidence of the face inversion effect? *Anim Cogn* 22:153-162.

[org/10.1007/s10071-018-01231-4](https://doi.org/10.1007/s10071-018-01231-4)

4 Saeki T, Sogawa S, Hotta T, Kohda M. (2018) Territorial fish distinguish familiar neighbours individually. *Behaviour* 155: 279-293.

[Doi.org/10.1163/1568539X-](https://doi.org/10.1163/1568539X-)

〔学会発表〕(計 5 件)

2018

1. 十川俊平・幸田正典 (2018) 縄張り性魚類における隣人の縄張りへの侵入に対する攻撃は罰なのか? 日本動物行動学会 (京大理学部: 9月)

2. 川坂健人・幸田正典 (2018) 魚も眼と眼で通じ合う?-魚類における視線追従に関する研究 2-日本動物行動学会(京大理学部: 9)

3 Kohda Masanori (2017) Female control of paternity recognition of males in the cooperative polyandrous cichlids *Julidochromis transcriptus* [the symposium for Social complexity: the process, pattern and evolution, (Germany: December)]

4 Kawasaka K, Kohda M (2017) [the Congress of the International Society of Ethology (IEC, Behaviour 2017) (Portugal) 2017 年 July and August]

5 幸田正典 (2017) ほんとうは賢い魚たち [日本動物行動学会、動物心理学会合同大会(東京大学: 8月)(招待講演)]

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者 なし

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者 なし

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。