

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14383

研究課題名（和文）顔の識別能力の発達と柔軟性：人工知能を用いた人間性の探求

研究課題名（英文）Development and Flexibility of Facial Recognition Ability: Exploring Human Traits Using Artificial Intelligence

研究代表者

上野 将敬 (Ueno, Masataka)

近畿大学・総合社会学部・講師

研究者番号：30737432

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、他者の顔を識別する能力が、どの程度生得的で、どの程度後天的なのかを探り、動物の中でも際立つ人の社会性の基盤を解明することを目指した。サルの個体識別をした経験を持つサル研究者と一般成人を対象とした研究では、サル研究者は、一般の成人に比べ新奇なサルの顔を識別する能力が高いことが示された。また、本研究課題では、ニホンザルの個体識別を行うプログラムを深層学習を用いて開発した。深層学習によって高い精度でニホンザルの識別を行うことができるが、深層学習と逐次ベイズフィルタを組み合わせることによって、より高い精度でニホンザルの識別を行うことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトを含む霊長類は集団内において、他者を個体識別し、それぞれの他個体と社会関係を築く。これまでの研究では、顔の識別能力については生後1年以内の経験による影響が大きいと考えられてきた。本研究課題の研究成果から、成人した後であっても、サルを見る経験を積むことによって、サルの識別能力が向上することが示唆された。他方で、サル研究者が新奇のサル画像を見分ける場合、顔だけでなく、顔以外の身体の情報を利用していることが分かった。ここから、成人した後にも識別能力は向上するものの、乳児期に比べてその柔軟性は低い可能性が考えられた。

研究成果の概要（英文）：This research project aimed to investigate the extent to which the ability to recognize others' faces is innate or acquired, and to elucidate the foundations of human sociability that stand out even among animals. In a study involving primatologists experienced in individual recognition of monkeys and other adults, it was shown that the primatologists had a higher ability to recognize novel monkey faces compared to the other adults. Furthermore, in this research project, a program for individual recognition of Japanese macaques was developed using deep learning. While deep learning enabled accurate identification of Japanese macaques, combining deep learning with sequential Bayesian filtering suggested even higher accuracy in identifying Japanese macaques.

研究分野：比較行動学

キーワード：霊長類 顔の識別 可塑性 深層学習 人工知能

1. 研究開始当初の背景

人を含め霊長類は、それぞれに固有の顔を持つ。霊長類の中でも、特に人が巨大で複雑な社会を築き、維持するためには、個々の他者の顔を見分け、覚える必要がある。他者の顔を識別する能力が、どの程度生得的で、どの程度後天的なのかを知ることで、発達科学において重要な「氏と育ち」の問題への示唆となるばかりでなく、動物の中でも際立つ人の社会性の基盤を解明することにつながると考えられた。

多くの成人にとって、自分と同じ人種の顔は容易に識別できても、他人種の顔やサルなど他種動物の顔の識別は比較的難しく感じられる(他人種効果)。他方で、複数のサルの顔を識別できるサル研究者は、顔の識別能力の柔軟性を探るためには大変興味深い対象である。ほとんどのサル研究者は、成人した後、繰り返しサルを観察することで、顔の識別を習得する。これまでの研究では、サル研究者がサルを識別する能力がどのようなものなのか明らかにされてはいなかった。

また、顔の認識については、自閉スペクトラム症(ASD)児は定型発達児と比べて困難を示しやすいことが指摘されてきた。特に、顔の情報処理には、顔の各パーツ情報に基づく独立的処理と、全パーツを1つのまとまりとして認知する全体的処理があるが、ASD児では、顔の全体的処理が働きにくい可能性が考えられた。

2. 研究の目的

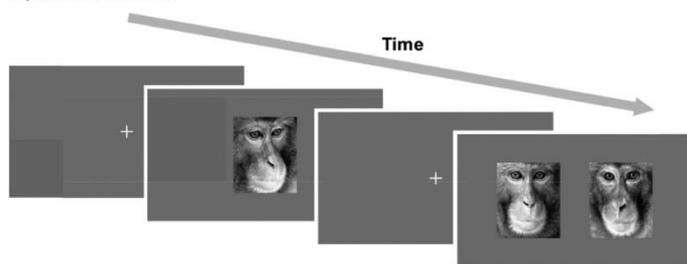
人の社会性の基盤となる顔識別能力の特徴と柔軟性を明らかにするために、サル研究者、一般人、自閉症児を対象に顔の情報に関する認知能力の柔軟性を探ることが本研究課題の大きな目的である。さらに、人工知能(深層学習)を用いてサルの顔の識別を行い、顔の識別に関する人の特徴を探る。

3. 研究の方法

(1) ヒトを対象としたサルの顔の顔識別実験

ニホンザルを延べ30頭以上識別することのできる霊長類研究者16人と、霊長類研究者と比較するための19歳以上の21名を対象とした。実験参加者には、まず斜めを向いた顔画像を提示した。その後、2つの正面顔を提示し、いずれの顔が、先に提示された斜め顔と同一個体のかを回答してもらい(下図)、その正答率とサルの顔画像に対する注視部位を調べた。ヒトの顔とニホンザルの顔に関して、合計40試行の実験を行った。さらに、霊長類研究者が、どの程度顔以外の部位を用いて識別しているかを検討するために、ニホンザルの全身が映った画像と、その全身画像から顔だけを残した画像を用いて、同様に計30試行の顔識別実験を行った。

Experimental Procedure



(2) 人工知能(深層学習)による顔の識別

岡山県真庭市神庭の滝自然公園付近に生息する勝山ニホンザル集団を対象として、成体メス51頭のサルの顔画像と動画のデータを収集した。収集した顔画像データに関して、深層学習のネットワークモデルとしてGoogLeNetとResNet-18を用いて識別精度を検証した。さらに、逐次ベイズフィルタを用いて、時系列的な個体の情報を用いることによって、顔の識別が行いやすくなるかを検討した。

(3) 自閉スペクトラム症児における顔の認識

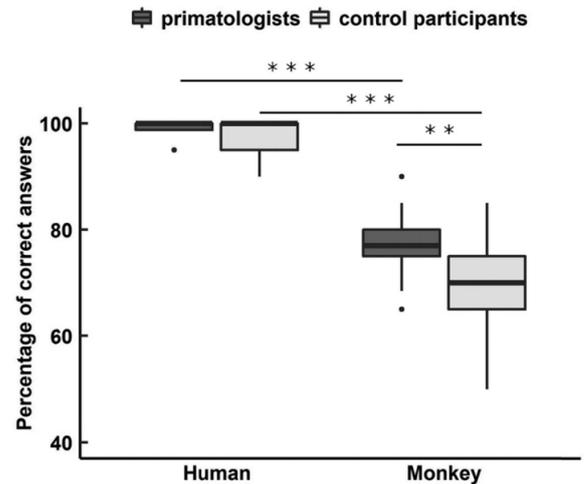
パレイドリア現象は、本来顔でないものを、その配置から顔のように認知する現象であり、顔の全体的処理の働きによって生じると考えられる。本研究では、ASD児10名とTD児10名を対象に、パレイドリア現象の生じやすさに違いがあるか、ASD児の発達的な特徴がパレイドリア現象と関連しているかを調べた。パレイドリア画像の正立画像と倒立画像を対提示して、アイトラッカーを用いて両者の注視時間を計測した。

4. 研究成果

(1) ヒトを対象としたサルの個体識別実験

霊長類研究者は、統制群に比べて、ニホンザルの顔をより正確に識別していた。他方で、ヒトの顔画像に関しては、2群間に有意な違いは見られなかった(右図)。また、顔の注視部位に関しては、霊長類研究者と統制群の間に明らかな違いは見られなかった。霊長類研究者は、顔だけの条件よりも、体全体を提示されたほうが、識別成績が高くなっていった。また、注視部位を分析すると、霊長類研究者は、統制群とは異なり、全身画像が提示されると、顔以外の部位を見ることが増えていた。以上の結果から、霊長類研究者は、ニホンザルについて、統制群よりも高い顔の識別能力を持っているが、顔だけの手がかりから十分な識別を行っているわけではなく、顔以外の部位の情報を用いて個体識別していることが示唆された。

この研究成果は、国際学術雑誌 *Journal of Comparative Psychology* 誌において発表した (Ueno et al. 2021)。



(2) 人口知能（深層学習）による個体識別

2つのネットワークモデルを用いて、8つの分類器を作成した。この8つの識別器のみを用いた場合には、76.5%から91.8%の精度で個体の識別をすることができた(右表)。これらの分類器と逐次ベイズフィルタを組み合わせることによって、各分類器ごとに90%以上の個体を正しく識別することができた。逐次ベイズフィルタを用いた識別テストでは、個体の85%以上が90%以上の事後確率を持っていた。最も優れた分類器では、10枚の画像を使用して個体の98%を、50枚の

Name of the classifier	Content of the training dataset	Overall accuracy
GLN±0DA	no augmentation	0.765
GLN±4DA	±2.5, ±5.0, ±7.5, ±10.0 degree augmentations	0.833
GLN±1DA	±10.0 degree augmentation	0.818
GLN±3DA	±5.0, ±10.0, ±15.0 degree augmentations	0.828
RN±0DA	no augmentation	0.767
RN±4DA	±2.5, ±5.0, ±7.5, ±10.0 degree augmentations	0.904
RN±1DA	±10.0 degree augmentation	0.897
RN±3DA	±5.0, ±10.0, ±15.0 degree augmentations	0.918

画像を使用してすべての個体を識別することができた。フィルタを適用しない場合、テストデータにおいて識別率が50%未満の場合でも、逐次ベイズフィルタを適用することで識別に成功していた。このような研究結果から、個体の過去の情報を考慮する逐次ベイズフィルタを使用することで、個体識別システムの精度を向上させることができると考えられた。

この研究成果は、国際学術雑誌 *Ethology* 誌において発表した (Ueno et al. 2022)。

(3) 自閉スペクトラム症児における顔の認識

ASD児もTD児も、倒立したパレイドリア現象画像よりも、正立した画像を高い割合で注視していた。また、自閉度が高いASD児ほど、正立のパレイドリア現象画像をあまり注視しない傾向があった。以上の結果から、ASD児にも顔の全体的処理が働いているものの、自閉症の症状をより強く示す児は全体的処理の働きが弱い可能性が示唆された。

この研究成果は、2020年第84回日本心理学会大会において発表し、学術雑誌に投稿するために原稿の準備をしている。

<引用文献>

Ueno, M., Yamamoto, H., Yamada, K., & Itakura, S. (2021). Individual recognition of monkey (*Macaca fuscata*) and human (*Homo sapiens*) images in primatologists. *Journal of Comparative Psychology*, 135 (3), 394-405.

Ueno, M., Kabata, R., Terada, K., Hayashi, H., and Yamada, K. (2022). Automatic individual recognition of Japanese macaques (*Macaca fuscata*) from sequential images. *Ethology*, 128, 461-470.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ueno Masataka, Yamamoto Hiroki, Yamada Kazunori, Itakura Shoji	4. 巻 135
2. 論文標題 Individual recognition of monkey (<i>Macaca fuscata</i>) and human (<i>Homo sapiens</i>) images in primatologists.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Comparative Psychology	6. 最初と最後の頁 394-405
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1037/com0000285	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakamichi Masayuki, Ueno Masataka, Yamada Kazunori	4. 巻 62
2. 論文標題 Male care in a free-ranging group of Japanese macaques (<i>Macaca fuscata</i>)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Primates	6. 最初と最後の頁 971-980
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10329-021-00948-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ueno Masataka, Kabata Ryosuke, Hayashi Hidetaka, Terada Kazunori, Yamada Kazunori	4. 巻 128
2. 論文標題 Automatic individual recognition of Japanese macaques (<i>Macaca fuscata</i>) from sequential images	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ethology	6. 最初と最後の頁 461-470
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/eth.13277	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ueno Masataka, Hayashi Hidetaka, Kabata Ryosuke, Terada Kazunori, Yamada Kazunori	4. 巻 125
2. 論文標題 Automatically detecting and tracking free ranging Japanese macaques in video recordings with deep learning and particle filters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ethology	6. 最初と最後の頁 332-340
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/eth.12851	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Masayuki Nakamichi, Masataka Ueno & Kazunori Yamada	4. 巻 62
2. 論文標題 Triadic grooming among adult females in a free-ranging group of Japanese macaques	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Primates	6. 最初と最後の頁 971-980
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10329-020-00808-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 堀裕亮, 谷藤誠斗, 戸松太一, 上野将敬, 村山美穂, 河合正人, 瀧本彩加	4. 巻 30
2. 論文標題 北海道和種馬における母ウマの子育ての特徴を予測する統計モデルの構築	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 DNA多型	6. 最初と最後の頁 16-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 上野 将敬, 山田 一憲, 中道 正之
2. 発表標題 二ホンザルにおいて劣位性を示す表情は攻撃交渉後の対立状態を和らげるのか?
3. 学会等名 日本心理学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀧本 彩加, 田中 未菜, 上野 将敬, 河合 正人
2. 発表標題 仔ウマの親和的関係の形成に母ウマが及ぼす影響
3. 学会等名 日本心理学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上野将敬・高尾和佳子・金澤忠博
2. 発表標題 自閉スペクトラム症児における顔に関するパレイドリア現象の検討
3. 学会等名 日本心理学会第84回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野将敬・山本寛樹・山田一憲・板倉昭二
2. 発表標題 霊長類研究者における個体識別能力の特徴
3. 学会等名 第35回日本霊長類学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中道正之・上野将敬・大西賢治・山田一憲
2. 発表標題 二ホンザルの老眼 - 勝山集団のメスを対象にした毛づくろい距離の縦断的分析
3. 学会等名 第35回日本霊長類学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中祐子・上野将敬・金澤忠博
2. 発表標題 母親の特性が母子相互作用に及ぼす影響について
3. 学会等名 日本発達心理学会第31回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上條淳夏・上野将敬・金澤忠博
2. 発表標題 遅延提示された自己映像に対する2歳児の随伴性探索
3. 学会等名 日本発達心理学会第31回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	寺田 和憲 (Terada Kazunori) (30345798)	岐阜大学・工学部・教授 (13701)	
研究協力者	山田 一憲 (Yamada Kazunori) (80506999)	大阪大学大学院・人間科学研究科・講師 (14401)	
研究協力者	板倉 昭二 (Itakura Shoji) (50211735)	同志社大学・研究開発推進機構・教授 (34310)	
研究協力者	山本 寛樹 (Yamamoto Hiroki)	日本学術研究会・海外特別研究員	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------