

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 22 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25285199

研究課題名(和文) 恐怖の生得性に関する生理・進化的基盤に関する実験的研究

研究課題名(英文) Empirical studies on physiological and evolutionary origins of innate fear.

## 研究代表者

川合 伸幸 (KAWAI, Nobuyuki)

名古屋大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：30335062

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトは多くの対象に恐怖を感じるが、ある対象は進化の過程で獲得された結果、生得的に恐怖を引き起こすと考えられている。たとえば、高所やヘビがその代表とされる。従来の理論では、ヘビとクモが進化的に脅威を与える対象であるとされていたが、より近年の理論はヒトや霊長類の脳はヘビを検出するために視覚システムを大きくしたと仮定する。そのことを実験室で育ち、ヘビを見たことがないサルと、ヒトを対象とした行動および脳波の実験で検証した。どの実験でも、ヒトやサルはヘビに強く注意を向けることが示されたがクモには注意を惹き付けられないことが明らかとなり、ヘビだけがヒトや霊長類の生得的な脅威の対象であることを証明した。

研究成果の概要(英文)：Effective detections for a potential threat are important for survival. Humans seem to have a predisposed visual system to attend threatening objects, especially snakes. Although both snakes and spiders have been regarded as the prototypical evolutionary threat-relevant stimuli, there is only evidence that snakes constituted a serious threat to humans. We compared reaction times to detect deviant pictures of snakes and spiders in the background of non-threatening koala pictures by monkeys and humans, and found that the RTs to detect snakes were faster than to detect koalas, whereas the RTs to detect deviant pictures of spiders did not differ from those to detect koalas. We explored a possibility that spiders may be prototypical evolutionary threat-relevant stimuli in other ways and confirmed that only snakes provided strong evolutionary pressure to develop astute perceptual capacities in ancestral primates. Primates and humans evolved visual systems to detect snakes more efficiently.

研究分野：社会科学

キーワード：恐怖 霊長類 生得性 脳波 ヘビ・クモ 進化

## 1. 研究開始当初の背景

心理学の黎明期には、あらゆる恐怖は経験によるものと考えられたが (Watson, 1930)、次第にその前提に合わない事実が積み上げられ、1970年代からは恐怖学習には「準備性」があると主張されるようになった (Seligman, 1972)。

嫌悪刺激を用いた多くの恐怖条件づけの実験がおこなわれ、特定の対象 (高所など) や生物 (ヘビ・クモ) などがより強固な恐怖条件づけを形成することがあきらかとなり、これらを処理する「恐怖モジュール」が脳内に存在すると主張された (Öhman & Mineka, 2001)。この論文の現在 (2017年5月10日) までの引用数は Google scholar で 2574 件、web of science で 1280 件と、きわめて大きな影響力がある。

しかし、ヘビは最大で年間 94,000 人の死者を出す (Kasturiratne et al., 2008)、クモに噛まれて死ぬことはほとんどなく、1979-1999 年の 20 年間で、米国では 99 人しか犠牲者がでていない (Forrester & Stanley, 2004)。これらのことから、クモが進化的に獲得された脅威の対象であることが疑問視されるようになった (Matchett & Davey, 1991; 柴崎・川合, 2011)。

これらの心理学の研究とは独立に、人類学者の Isbell (2006, 2009) は、霊長類の脳が身体に対して大きくなったのはヘビを検出するためであると大胆なヘビ検出仮説 (Snake Detection Theory: SDT) を提唱した。この理論が立脚するのは、両眼視の重なりが視野の下部に多いことや、毒蛇が存在しないマダガスカル島のサルには中心窩がないことなど、解剖学や人類学の証拠に基づく物であった。しかし、この理論はさまざまな予測をしており、重要なものとして、ヒトを含む霊長類はヘビを検出するために脳が大きくなったためにヘビを素早く検出できると予想している。

この予測は成人を対象とした行動実験で支持されている (Öhman & Mineka, 2001)。たとえば Öhman, Flykt, & Esteves (2001) は、恐怖関連刺激としてヘビとクモのカラー写真、恐怖非関連刺激として花とキノコのカラー写真を用いて、視覚探索の実験を行なった。写真は 4 枚 (2×2) または 9 枚 (3×3) から構成されるマトリックスとして呈示された。マトリックスは同一カテゴリーの写真で構成されているもの (たとえばいずれも花) と、1 枚だけカテゴリーの異なる写真 (ターゲット) が混ざっているもの (たとえば花の中にヘビ) とがあった。ターゲットを含むマトリックスは、恐怖関連刺激の中に恐怖非関連刺激が含まれる場合と、その逆の場合とがあった。実験参加者は、呈示されたマトリックスが、すべて同じカテゴリーの写真で構成されているか、それともカテゴリーの異なる写真が含まれているかの判断を求められた。その結果、恐怖非関連刺激の中に恐怖関

連刺激が含まれている場合 (たとえば花の中にヘビ) のほうが、その逆の場合 (ヘビの中に花) よりも判断が速くなった。つまり、ターゲットが花またはキノコであった場合よりも、ヘビまたはクモであった場合のほうが検出が速くなった。また、マトリックスのサイズが大きくなると、恐怖非関連刺激を検出するまでの時間は増加したが、恐怖関連刺激を検出する時間は増加しなかったことから、恐怖関連刺激はポップアウトすることが示唆された。これらの結果から Öhman et al. (2001) は、人類の進化において脅威の対象であったヘビやクモなどの刺激は優先的に処理される (注意を捕捉する) と結論付けた。

その後、研究代表者らは飼育環境で育ち、本物のヘビを見たことがないサルを対象に同様の視覚探索課題を実施したところ (恐怖関連刺激はヘビのみで、非関連刺激は花だけであった) サルはヘビの写真を検出するほうがその逆よりも早かった (Shibasaki & Kawai, 2009)。このことは、ヒトと旧世界ザルの共通の祖先の頃からヘビに対して注意を向けるバイアスがあったことを示唆する。

こうしたヘビに対する注意バイアスなどの脅威の検出に関する知見が蓄積されるいっぽうで、おもに行動生態学からの観点から、霊長類でどのような脅威検出のための認知機能が作用しているかについてはほとんど研究がなされていない。ニホンザルをはじめとした霊長類の系統は、その起源は熱帯雨林を中心とした環境で進化し適応を遂げてきた動物であり、さまざまな脅威に対抗する手段として警戒音を利用した捕食者情報の伝達行為が知られている。ペルベットモンキーなどの森林性のサルでは、3 種類以上の異なる警戒音声が、それぞれ異なる捕食者への信号として機能し、「語彙」能力の萌芽とされる (Seyfarth & Cheney, 1990)。しかし、警戒音声と捕食者脅威に関するすべての先行研究は野外研究であり、警戒音を聴取し自動的にヘビなどの脅威の対象と結びつけるようなこころの働きについての厳密な検証については、なされたことがなかった。

## 2. 研究の目的

上記のヒトとサルを対象とした視覚探索実験は、恐怖モジュール説とヘビ検出仮説の両方を支持するが、前者が仮定するようにクモが恐怖の対象でヒトやサルがヘビと同様にクモに注意を向けるかは不明であった。これまでにサルがヘビに対して代理学習することは示されてきたがクモに対して代理学習で恐怖を学習する例は示されていない。さらに、研究代表者らが行った視覚探索課題の研究はヘビだけを対象としており、クモは対象としていなかった。そのため、「ヘビとクモ」の両方が進化的な恐怖関連刺激であるのか、「ヘビだけ」がそうであるかは不明であった。また、そもそも動物は非動物よりも注意が向けられるので、ヘビが危険だから注意

を向けたのか花に比べたときにヘビは単に動物であるために注意されたか不明であった (Lipp, Derakshan, Waters, & Logies, 2004)。

さらに、視覚探索課題にはさまざまな批判があげられており、視覚探索課題の実験だけで検討するのは適切ではないと考えられる。

そこで本研究では、1)サルを対象に、ヘビとクモの検出を危険でない動物と比較することで、動物同士の比較をし、さらにヘビとクモの違いを検討する。さらに、ヒトを対象として、2)ヘビとクモに対する初期知覚を反映する脳波を調べ、これらの動物に対する脳内での注意を検討する。そして、3)反応速度以外の指標として、ヘビはカモフラージュから見分けられやすいかを検討する。

さらに、警戒音声などの実際の対捕食者戦略で利用されている聴覚信号が、ヘビへの視覚注意にどのように影響をおよぼすかを検討する。

### 3. 研究の方法

本研究では、1)サルを対象とした脅威刺激に対する視覚探索課題、2)ヒトを対象とした脳波の事象関連電位を測定する実験、3)写真の輝度や空間周波数を保ったまま画像を任意の割合でランダム化する手法 (random image structure evolution technique (RISE)) を用いた認識実験、4)サルを対象として、視聴刺激と聴覚刺激の自発的な関係性を調べる選好注視実験、を行った。

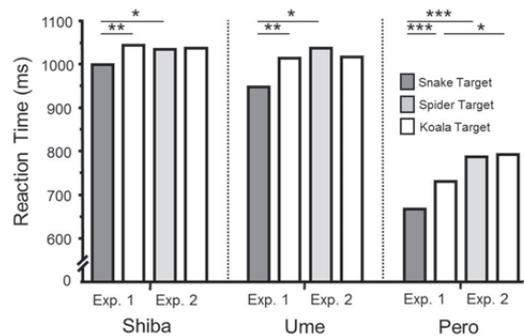
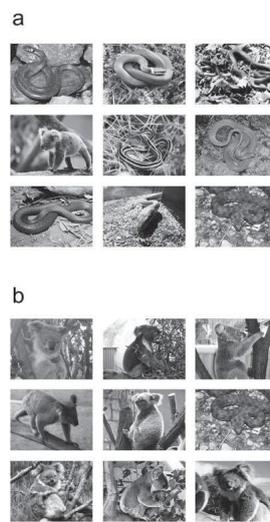
### 4. 研究成果

本研究では、上記の手法を用いて以下の5つの研究を行った。1)サルを対象としたヘビ・クモの視覚探索実験、2)サルを対象としたヘビのウロコの有無が視覚探索効果に違いを生じさせるかを調べた実験、3)ヒトとサルを対象とした怒り顔の視覚探索実験、4)ヒトを対象としたヘビ・クモに対する事象関連電位測定実験、5) RISE 手法を用いたヘビ認識実験、6)ニホンザルを対象としたヘビと警戒音声との異種感覚統合に関する視聴覚選好注視実験、であった。

以下にそれぞれの研究成果の概要を示す。

#### 4-1) サルによるヘビ・クモの視覚探索実験

京都大霊長類研究所の中で生まれ、一度もヘビを見たことのないニホンザル 3 頭を対象にして、脅威でない動物 (コアラ) と脅威の動物 (ヘビまたはクモ) の写真を使って、9 枚の写真から異なるカテゴリ写真を探すという実験を行った。3 日以上連続して 85%以上の正答率で選べるようになるまでサルを訓練したあと、仲間はずれの 1 枚を選ぶまでの反応時間を測定した。先にヘビ/コアラで実験を行い、その後クモ/コアラの実験を行った。



その結果、ヘビのときには 3 頭ともがヘビをコアラより早く見つけたのに対し、クモをより早く見つけたサルはいなかった。コアラを見つける時間とクモを見つける時間に有意差は見られなかった。これらのことは、サルにとってクモは注意をひく対象でないことを示す。

#### 4-2) サルを対象としたヘビのウロコの有無が視覚探索効果に違いを生じさせるかを調べた実験

先の 3 頭を対象にヘビのウロコを消した写真とコアラの写真、ヘビの表面に加工を施さない写真とコアラの写真を用いてテストしたところ、サルはウロコのあるヘビの写真をすばやく見つけたが、ヘビのウロコを消した写真ではコアラの検出時間と有意な差は見られなかった。

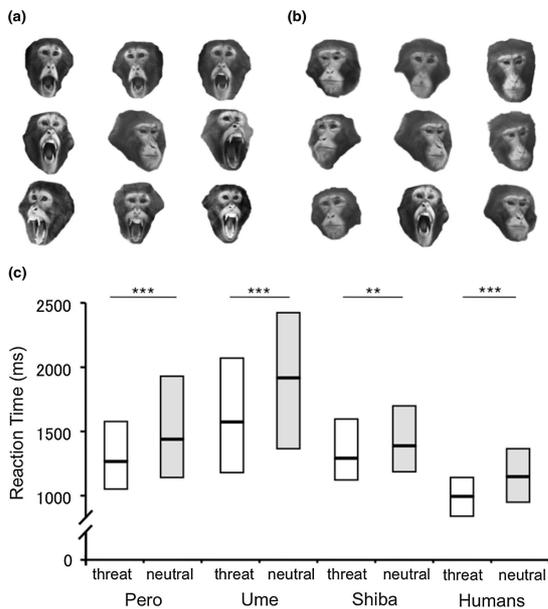
これらのことは、サルはヘビのウロコを手がかりに「ヘビ」の検出を行っていると考えられる。

#### 4-3) ヒトとサルによる怒り顔への視覚探索実験

ヒトや集団で暮らす動物にとって怒りを表出している同種他個体の存在は危険である。現代社会で、人間を最も多く殺す動物はヒトであるが、その傾向は太古から変わっていないと考えられる。これまでの研究で、視覚探索実験においてヒトは怒り顔を早く検出するとの結果が得られている。そこで、

この実験ではヒトとサルがそれぞれ「サルの怒り顔」を早く検出できるかを検討した。

ヒトでは従来の研究(柴崎・川合, 2010)と同じように、4枚または9枚の写真の中にカテゴリの異なる写真が含まれているか、いないかを31人の大学生・大学院生にキーボードで、できるだけ素早く正確に判断させた。サルでは、先の3頭に1つだけ異なるカテゴリの写真に触らせた。それぞれ反応時間を指標とした。その結果、ヒトもサルも中立表情よりも怒り顔をすばやく検出した。これらの結果は、サルは同じ動物(サル)でも脅威を表出している対象をすばやく検出できること、またヒトは他種の怒り顔でもすばやく検出できることを示している。

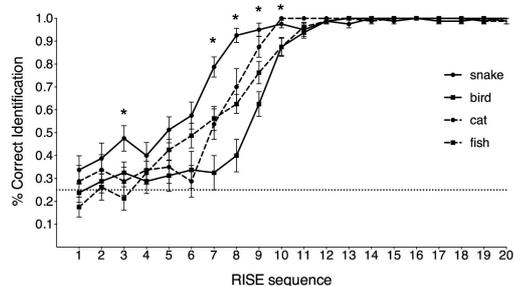
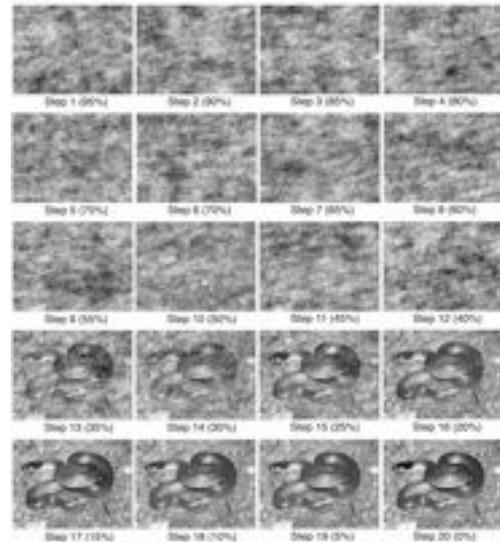


#### 4-4) ヒトを対象としたヘビ・クモに対する事象関連電位測定実験

ヒトでは、一連の写真が順次提示される状況において、それらの刺激に対して情動的に意味のある刺激に対して初期視覚の注意を反映する事象関連電位の中でも後頭葉で測定される、Early Posterior Negativity (EPN) は大きな振幅を示すことが知られている。そこで8枚ずつのヘビとトリの写真をランダムな順序で提示し、それぞれのEPNを測定したところ、ヘビに対しては大きなEPNを誘発されることが明らかとなった。これはほかの研究者達の結果と一致している。そこでクモが同じように注意を喚起するかを調べるために、危険な昆虫であるスズメバチ、それとよく似るが危険でないマルハナバチ、危険性のない昆虫であるカナブンの写真に対し、どのようなEPNが誘発されるかを検討した。その結果、クモはほかの危険な昆虫(スズメバチ)や安全な昆虫に比べても振幅は大きくないことを確認した。

#### 4-5) RISE手法を用いたヘビ認識実験

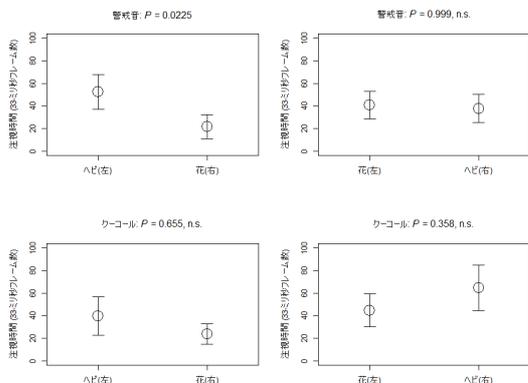
輝度や空間周波数を統制しつつ図をランダム化する手法(random image structure evolution technique (RISE))を用いて、ヘビと安全な動物(トリ)、およびクモと形態が比較的類似した昆虫のどちらがノイズの多い状況で検出できるかを調べた。実験では、もっとも見にくい状況から初めて、ヘビ、ネコ、トリ、サカナの写真のどれが見にくい状況で認識できるかをテストした。それぞれ4種類ずつ用意し、ヘビ、ネコ、トリ、サカナの写真を、輝度等の物理的な情報を変えずに5%刻みでノイズを混ぜて、見やすさの段階が異なる一連の写真を作成した。どの動物が写っているかの判断を、もっとも見にくい写真(95%ノイズ)からはじめ、順にノイズを少なくして行きながらさせたところ、ヘビは他の動物に比べてよりノイズの多い条件でも正しく見分けられた。このことは、ヒトの視覚システムが、見分けにくい状況においても効率的にヘビを見分けられることを示している。



#### 4-6) ニホンザルを対象としたヘビと警戒音声との異種感覚統合に関する視聴覚選好注視実験

視聴覚刺激を利用した選好注視実験では、ニホンザル一頭ごとに実験室内で実施し、サルの正面に設置されたモニターから2枚の視覚刺激(ヘビか花の写真)を左右に対呈し、その対呈写真に対する注視時間を計測した。その際に、対呈と同時に同種他個体の

警戒音声か（警戒音声条件）脅威信号ではないクーコール音声（クーコール条件）のいずれかが、モニター背後に設置されたスピーカーから再生された。その刺激呈示中の視線



を記録し、注視時間を計測した。

16頭の実験の結果、注視時間については警戒音声条件でヘビが左側、花が右側に呈示された時にのみ、ヘビ方向への注視時間が増大した。それ以外の条件については、注視時間に大きな違いは認められなかった。これらの結果から、警戒音声の聴取が、同時あるいは後続する脅威刺激の視覚注意に何らかの効果を持ち合わせていることを示唆した。恐怖の処理の基盤とされる扁桃体の左右差などが関与した可能性も考えられるため、さらなるメカニズムの探求が必要であろう。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

Shibasaki, M., Nagumo, S. & Koda, H. Japanese monkeys (*Macaca fuscata*) spontaneously associate alarm calls with snakes appearing in the left visual field. *Journal of Comparative Psychology*, 査読有, Vol. 128, No. 3, 2014, pp. 332-335, doi: 10.1037/a0036049.

Kawai, N. & Koda, H. Japanese monkeys (*Macaca fuscata*) quickly detect snakes but not spiders: Evolutionary origins of fear-relevant animals. *Journal of Comparative Psychology*, 査読有, Vol. 130, No. 3, 2016, pp 299-303, doi: 10.1037/com0000032

Kawai, N., Kubo, K., Masataka, N. & Hayakawa, S. Conserved evolutionary history for quick detection of threatening faces. *Animal Cognition*, 査読有, Vol. 19, No. 3, 2016, pp. 655-660, doi: 10.1007/s10071-015-0949-y.

Kawai, N. & He, H. Breaking snake

camouflage: Humans detect snakes more accurately than other animals under less discernible visual conditions. *PLoS ONE*, 査読有, Vol. 11, No. 10, 2016, e0164342, doi: 10.1371/journal.pone.0164342

[学会発表](計 3 件)

川合 伸幸, これからの行動科学研究に必要なこと: 行動・神経・数理、学術シンポジウム「生物・医学分野のイノベーションが心理学に与えるインパクト」, 2014年3月2日、兵庫県民会館(兵庫)

川合 伸幸, ヒトの心の働きと成り立ちを調べる 比較認知心理学、日本心理学会公開シンポジウム「心を科学する」心理学」, 2014年3月8日、名古屋大学東山キャンパス(愛知)

Kawai, N., Evolutionarily predisposed snake fear: Comparative, Developmental, and Electrophysiological studies. The 5th International Symposium on Primatology and Wildlife Science, 2016年3月3日-6日, Inuyama International Sightseeing Center (Aichi, Japan)

[図書](計 5 件)

川合 伸幸 他、平凡社、最新心理学辞典「生得的触発機構」, 2013, 910頁(pp. 441-442)

川合 伸幸, 講談社、ヒトの本性 -なぜ殺し、なぜ助け合うのか、2015, 224頁

川合 伸幸 他、新曜社、「認知科学のススメ」シリーズ『はじめての認知科学』, 2016, 178頁(pp. 108-127)

川合 伸幸 他、新曜社、「認知科学のススメ」シリーズ『コワイの認知科学』, 2016, 130頁

香田 啓貴 他、東京大学出版会、日本のサル 哺乳類学としてのニホンザル研究、2017, 336頁(pp. 164-182)

[産業財産権]

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等  
<http://www.cog.human.nagoya-u.ac.jp/~kawai/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川合 伸幸 ( KAWAI, Nobuyuki )  
名古屋大学・大学院情報学研究科・准教授  
研究者番号：30335062

### (2) 研究分担者

香田 啓貴 ( KOUDA, Hiroki )  
京都大学・霊長類研究所・助教  
研究者番号：70418763

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

### (4) 研究協力者

( )