

家畜化にともなう昆虫の福祉

—歴史学・民俗学・生命科学的一考察—

Insect Welfare associated with Domestication:
A Historical, Folklore, and Life Science Considerations

水野 壮

麻布大学教育推進センター NPO 法人食用昆虫科学研究会

Hiroshi MIZUNO

Azabu University Center for the Promotion of Education,
Japan Edible Insect Science Laboratory (Jeis-Lab),
1-17-71 Fuchinobe, Chuo-ku, Sagami-hara, Kanagawa 252-5201, Japan

Abstract: In this review, our goal is to provide a basis for discussion in considering the insect welfare associated with domestication of edible insects in the future. Chapter 1 introduced the growing interest in edible insects and the progress of domestication of insects. In Chapter 2, I considered the view of animals in Japan based on historical background. The attitude that emphasizes the homogeneity between humans and animals is reflected in the current view of animals. In Chapter 3, I discussed whether insects suffer from pain from life science perspective. Although whether or not animals (including insects) feel the pain is still being actively investigated in Western Europe rather than in Japan, it is not enough discussion about animal ethics. The view of animals that Japan has nurtured is worth considering. The foundation of emotion largely depends on the brain stem region that animals was acquired since the Cambrian. Until now, most of animal welfare has been limited to vertebrates, but there is a need to build a new view of life and welfare based on both life science and ethical perspectives.

Key words: edible insects, animal ethics, insect pain, Japanese animal view

1章 導入

2013年5月に国連食糧農業機関 (FAO) が報告書「Edible insect -future prospects for food and feed security (食用昆虫 - 食料および飼料の安全保障に向けた未来の展望)」(以下FAO報告書)を公表した。FAO報告書では、昆虫の栄養価だけでなく、昆虫食の地域社会的、経済的、食文化的価値が紹介された。さらには、温室効果ガスの排出量および成長に必要な水量や飼料、エネルギーなどの観点から、牛や豚

といった家畜と比較して地球環境負荷の低いタンパク源であると報告した。190ページにわたるFAO報告書は世界で650万回ダウンロードされ (Yen, 2015)、世界で食用昆虫が持続可能な社会に向けて果たす役割を考える契機となった (水野, 2015a)。日本においてもテレビや新聞など各種メディアに盛んに取り上げられ、昆虫が未来の食料として有望であることが広く人々に周知されることとなった (水野, 2015a; 水野, 2015b)。それに伴い、コオロギをはじめとする食用昆虫の大規模養殖が盛んになってきている (写真1)。タイではコンケン大学の指導のもと、コオロギ養殖農家の育成をおこなっている (高松, 2013)。さらに、南

アフリカに拠点をおくアグリプロテイン社は1日にアメリカミズアブを原料とする油脂23.5トン、肥料50トンを生産する大規模養殖工場を建設している。出荷されるコオロギは今のところプロテインバーやスナック菓子のような加工品として販売されている(写真2)。また粉末にしたものを小麦粉と混ぜたパスタなども販売されている。大規模養殖されるのは、食用だけではなく。アメリカミズアブ、イエバエなどは家畜や魚への飼料、堆肥生産、食品残渣リサイクルなどに活用されつつある(水野, 2016b)。コオロギ粉末のプロテインバーを開発したアメリカのExo社は、シリーズA資金調達ラウンドで、400万ドルの資金を調達している。Exo社は2018年にコオロギ養殖を進める食品製造企業Aspire Foodに買収されている。日本のベンチャー企業ムスカでは、イエバエの累代飼育が進んでいる。株式会社ムスカ暫定CEO流郷によれば、1100世代以上の選別交配を行っているとのこと、昆虫の家畜化が進んでいるといえる。ムスカは2019年に丸紅株式会社および伊藤忠商事株式会社との戦略的事業パートナーシップを締結している。

世界における食用昆虫の大規模養殖は、まさにここ5年程度で始まった新しい試みである。今後養殖昆虫は品種改良され、より最適化された家畜昆虫とし



写真1 タイのコオロギ養殖場
(写真提供: 高松裕希)

て変化を遂げていくことが予測される。

昆虫の家畜化自体は新しいものではない。人類は5000年以上前にクワコという蛾の幼虫からカイコガを作出している。ミツバチもカイコのような品種改良はなされていないが、人類とは大変古い歴史がある。ただし、今回の家畜化の流れは食用という、これまでなされてこなかった面からの家畜化である。このような中、将来は養殖昆虫に対し、どう対応していくか、昆虫の福祉が議論の俎上に上ると予想される。昆虫を家畜として扱う際の倫理的規定の議論はほとんどなされていないが、近年は脊椎動物に限らず甲殻類や軟体動物にまでその範疇を広げる動きがヨーロッパを中心に見られる。

本論では、歴史学的・民俗学・生命科学的観点から、食用昆虫の家畜化に伴う動物福祉を考える議論の土台を提示していく。第1章に続き、第2章では日本の動物観について歴史的経緯を踏まえて考察を進める。第3章では生命科学的な立場から昆虫が痛みに対して苦しむかについて考察を行い、第4章で総括を行う(写真1、2)。

2章 日本の動物観

2-1節 文化の基層を成す動物とヒトとの関係性

どのような動物が生息し、どのような動物と深い関わりを持ったかは、その国の動物観だけでなく、文化にも深い影響を及ぼす。

特に、動物の中でも大型の哺乳類の生活や社会シ



写真2 タイのコンビニエンスストアで販売されているコオロギスナックなど

システムに果たす役割は大きい。昆虫などの小動物もそれ自体が食料となるほか、絹糸など副産物も活用されたが、大型哺乳類は物資や情報、ヒトの運搬が非常に限られた時代に、強力な動力源として活用できたことが決定的であった。ダイヤモンド(2012)は、牛や豚、馬をはじめとする重要な大型家畜の野生祖先種のほとんどがユーラシア大陸に生息していたことを明らかにしている。このことがユーラシア大陸の人々を人類史上有利な立場に立たせる結果の一つとなったと考察している。塚本(1995)も日本文化が中国・朝鮮の大きな影響下に育ったにもかかわらず中国・朝鮮の文化を包摂しきれなかった一つの要因として、接触する動物種の差を挙げている。西欧において畜産は民衆の生業として密接に関わってきたのに対し、日本では畜産動物との直接的関係は極めて弱かった。明治時代までの傾向として、獣肉は野生の猪や鹿が主体であり、主要なタンパク源ではなかった。そのため、家畜化されず畜産までには発展しなかった(佐藤, 1992)。

2-2節 日本の動物観

近世日本の動物観は、動物とヒトとを明確に区別してきた西欧とは異なる独自の動物観、愛護の精神を育んできた。それは、ヒトと動物(昆虫も含む)を一体視し、仁と慈悲の心をもって生類に接するというものであった。徳川綱吉が発令した「生類憐みの令」や、人々に墮児・間引きの悪を教え諭すための「間引き教諭書」においても、ヒトと昆虫を含む動物を生類という同じ括りにおく概念が色濃く反映されている(塚本, 1983; 沢山, 2013)。

動物とヒトとの同質性の概念は、一方で人間中心主義へと強くつながっていた。儒学者であり民衆の世界観に注意を払った貝原益軒(1977)は、「禽獣虫魚草木に至るまで、ひろくあはれむべし。是等は天地の内にて、わが兄弟の列にはあらざれども、同じく天地の内に生ずるものにして、もとは一気なれば、同類の思ひをなして、みだりにそこなふべからず」とヒトと動物との同質性を展開しつつも、「天地の中に万物あり。万物の内、人ばかりたふとき物なし」「天地の禽獣を養ふことは、人を養ひたまふ百分が一にもあらず」と人間中心主義的な考え方を述べている。また、宮崎安貞による最古の体系的農書「農業全書」

には、ヒトの変革力を高く評価している。ヒトの力の優位性は、さらに大石久敬「地方凡例録」において評価され、数多くの飢饉や災害に見舞われる時代を生き抜く精神的な牽引力となった(水元, 2013)。このことは同時に、生物の命を奪うことを容認する側面もあった。儒学者林羅山(1975)は「三徳抄」において「天地ノ間ニイキトシケルモノ人ヨリ貴キモノハナシ」としながらも、ヒト中心の立場から害獣とされるものへの殺生を肯定した。

人間中心主義は動物とヒトの一体感と相まって、ヒトとしての道(人倫)を外した者については容赦なく有害動物と同様に殺すという概念にもつながっていった(趙・路, 1995; 塚本, 1995)。生類憐み政策は、動物への不仁を犯したことを理由に、多くの人々の命を奪っている。

西欧においては、家畜動物との距離感の近さは虐待につながり、その反省として動物の苦痛の軽減に努める流れが生み出されたが(佐藤, 2005)、日本は動物の生と死が観念的なものに終始してきた面がある。人倫は、昆虫を含む動物や植物にも仁の心で接するものと位置づけられ、西欧でみられたような動物を殺して活用する権利を持つものとは異なる面があった。これは、現実に殺生に依存して生きながら殺生への忌避感覚を醸成することとなり、直接殺生に関わる仕事に目を背け、これを「人外」のものとして卑賤視する見方を強化されていくことにもつながっていった(塚本, 1995)。

一方、このような動物との同質性やヒトとしての在り方から憐れみの態度を求める姿勢は、今の日本の動物愛護法にも反映されている。文明開化を経て欧米の技術や知恵を旺盛に取り入れた日本は、価値観の大きな変化を遂げたが、今に至る日本の動物観は近世代あるいはそれ以前から積み上げられ、連続的なつながりをもつことは無視できない事実である。

2-3節 日本の昆虫観

ヒトは万物の霊(霊長)でありながら、ヒトも虫も共に生類であり、虫を殺すのも殺生にあたるという考えは、近代日本人の間にあった。稲の害虫(主にウンカ)をサネモリと呼んで齋藤実盛の生まれ変わりとする感覚(Nishino, 2007)、養蚕を営む農夫たちが蚕を憐れむ供養塔を設けている事例(沢山, 2013)など

があげられる。近世に書かれた前述の「間引き教諭書」では、蚕だけでなく、「ちいさい蟻」「せみ」「蛭」「蚕虱」をもヒトの命と同様に憐れむ対象物とする言及がみられる(高橋, 1955)。18世紀に活躍した平賀源内も、シミやシラミといった昆虫を挙げ、それらがヒトと本質的に変わらないこと主張している(塚本, 1995)。

また、昆虫は身近な存在であり、昔から広く昆虫が食されてきた。最古の昆虫食の記録としては918年ころに成立した「本草和名」であるが、江戸時代には昆虫食に関する記述が散見されるようになった(三橋, 2012)。1919年の三宅恒方の調査によると、全国各府県で8目48種、分類不明も含めて合計55種が食用として消費されていることが分かっている。現在においても、イナゴ、ハチノコ(クロスズメバチの幼虫)、ザザムシ(カワゲラ、トビケラの幼虫を中心とする溪流に生息する昆虫群)、蚕などが各地で食されている(野中, 2008; 水野, 2015a; 水野, 2016a)。

日本人の昆虫好きは海外で紹介されており(Kawahara, 2007)、各地の百元ショップやスーパーには毎年夏には飼育グッズなどが店頭で並ぶ(写真3)ほか、各地でカブトムシを捕まえて購入できるほか、海外のカブトムシやクワガタを展示するカブトムシ

ハウスなども見られる(写真4)。しかし、日本のカブトムシやクワガタに親しむ姿は、平安時代や江戸時代の文献に見られないことから、おそらく比較的新しい時代に特に親しまれるようになったと予想される(写真3、4)。

3章 昆虫は痛みを感じるか —昆虫の感情—

現在、世界で具体的な保護の対象となっている動物は主に哺乳類である。これは、特に大脳の発達した哺乳類は、ヒトのように痛みに対して苦しむ感情を持つとする一般的概念にもとづいているといえる(Sherwin, 2001)。逆に、大脳の発達程度の低い魚類、両生類、爬虫類や、高度な管状神経系を持たない無脊椎動物は、痛みを感じないということになるだろう。しかし、近年西欧では魚類をも含む脊椎動物全般へ配慮の対象が広がり(プレイスウェイト, 2012; Sneddon, 2015)、無脊椎動物でも研究報告が少しずつみられるようになってきた。この章では、脊椎動物や無脊椎動物の神経生理学的、行動学的報告(表1)を踏まえつつ、昆虫は痛みを感じるか考察を進めていく。

国際疼痛学会によれば、「痛み」は「実際に何らかの組織損傷が起こった時、あるいは組織損傷が起こりそうな時、あるいはそのような損傷の際に表現されるような、不快な感覚体験および情動体験」と定義している。本論では、痛みというものを「侵害を受

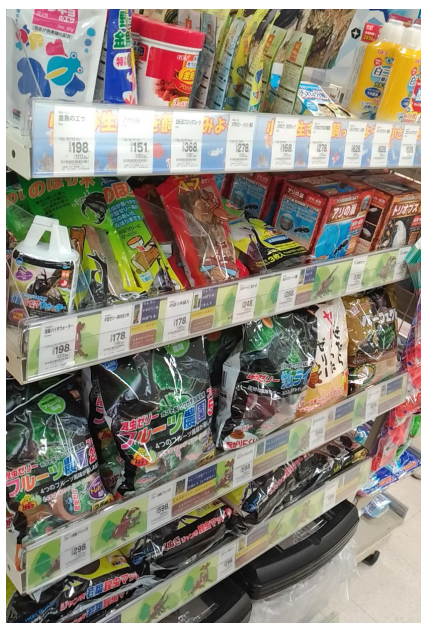


写真3 スーパーで販売されている昆虫グッズ



写真4 カブトムシハウス

表1 様々な動物と疼痛知覚の基準

	哺乳類	鳥類	両生類/ 爬虫類	無顎類/ 硬骨魚類	頭足類	十脚類	昆虫綱
侵害受容器	有	有	有	有	有	有	有
CNSへの経路	有	有	有	有	有	有	有
脳の中央処理	有	有	有	有	有	有	有
鎮痛薬受容体	有	有	有	有	有	有	不明
生理的解答	有	有	有	有	有	有	不明
有害な刺激からの移動	有	有	有	有	有	有	有
行動変化	有	有	有	有	有	有	有
保護動作	有	有	有	有	有	有	無?
鎮痛薬による応答減少	有	有	有	有	有	有	有
鎮痛の自己管理	有	有	不明	有	不明	不明	不明
他の刺激より高い応答	有	有? ※1	不明	有	有	有	無?
鎮痛へのアクセスにコストをかける	有	有	不明	有	不明	不明	不明
選択や好みの行動変化	有	有	不明	有	有	有	有
安心学習	有	有	不明	不明	不明	不明	有
こする・ひきずる・ガードする	有	有	不明	有	有	有	不明
刺激回避にコストをかける	有	有	不明	有	不明	有	不明
他の要件とのトレードオフ	有	有	不明	有	不明	有	不明

動物内の少なくとも1つの種が基準を満たす報告があるものを「有」とし、より多くの証拠が必要であるか、決定的でない場合には「不明」としている。

※1 痛みが不可欠であることが報告されているが、鳥が飢餓状態または新しい環境に置かれた場合には疼痛行動の減少も報告されている。

Sneddon, 2014を元に著者改変。

容する検出能力の有無」、「侵害に対して苦しむ感情の有無」の2点にわけて考察する。

3-1節 昆虫類の侵害受容器と侵害に対する反応について

昆虫は、無脊椎動物の中では高度な中枢神経を保持するはしご状神経系をもつ。しかし、脳を構成するニューロンの数はヒトの十万分の1にあたる約100万個程度である(水波, 2006)。昆虫には負傷した部位をかばったり保護したりするような振る舞いはこれまで報告されていない。一方、カマキリのように交尾中にメスに捕食されながらも変わらず交尾を続ける行動が見られることから、昆虫は痛みを感じないとされてきた(水野, 2015c)。しかし、昆虫が侵害

刺激を受容し、それに対し行動を変化させる報告が2000年代より数多く報告されるようになった。

ショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* の侵害受容器の研究報告は豊富に存在する。受容体 TRPA1 チャンネルおよびクラスIVニューロンは、熱や鋭い機械的刺激の検知に必要であることが示されている(Hwang *et al.*, 2007; Neely *et al.*, 2011; Zhong *et al.*, 2012)。

一次体性感覚ニューロンの発達を制御し、ヒトの侵害受容機能に関わる転写因子 PRDM12 に対するホモログとして、ショウジョウバエの Hamlet が存在する(Walters, 2018)。Hamlet 遺伝子のノックダウンは、クラスIV侵害受容器への樹状分岐を減少させるほか、ショウジョウバエ体内において変異型ヒト PRDM12

を過剰発現させると、侵害に対する防御行動の障害をもたらす (Nagy *et al.*, 2015)。これらのことは、昆虫とヒトの侵害受容感覚ニューロンの発達が、非常に古い動物界の祖先から継承された共有の調節遺伝子を含むことを示唆している。さらに、すべての種類の体性感覚神経が胸腹部神経節に層を作っている順番は、哺乳類も昆虫も同じであった (Tsubouchi *et al.*, 2017)。

一方、ショウジョウバエの侵害や他の機械的刺激に対する逃避行動自体は、脳の二次ニューロンを介した単純な入出力であることも報告されている (Yoshino *et al.*, 2017)。しかし、昆虫は短期記憶および長期記憶を維持することも知られている (Pascual and Pr eat, 2001; 水波, 2006)。有害な刺激を記憶し、刺激から離れようとする行動も、ショウジョウバエやミツバチ、コオロギなどにおいて多数報告されている (例えば Diegelmann *et al.*, 2013; Tedjakumala and Giurfa, 2013; Heisenberg *et al.*, 2001)。これは、単なる反射ではなく、痛みを学習していることを示すものである。

他にもカマキリ (Zabala, 1984)、コオロギ (Zabala and Gomez, 1991) およびミツバチ (Nunez *et al.*, 1983) では、モルヒネ注射は用量依存的に有害刺激に対する防御応答を低下させた。これはモルヒネの鎮痛効果が昆虫にもあるということを示唆している。また、ミツバチの研究では、モルヒネのようなオピオイド系鎮痛薬の受容体への拮抗薬であるナロキソンを接種すると、鎮痛効果が阻害されることも示されている。これは、ヒトと類似のオピオイド系神経経路を保持していることを示している。

3-2節 昆虫は苦痛を感じるか

前節で述べたように、昆虫は侵害を受け取る受容体があり、ヒトとよく似た神経システムが備わっている。ただし、さらに高次のレベルで苦しむという感情が発生するかどうかは明らかではない。ここからは昆虫が痛みを苦しむのか、感情があるかどうかについて議論を進めていく。

感情を科学的に扱うためには、観察できうる身体の反応 (行動や生理反応) に紐づける必要がある。例えば動物が「恐怖を感じた」と判断するときには交感神経が働き、心拍数や血圧の上昇、発汗などを促進

することになる。さらに行動としてはすくみ反応 (停止行動、フリーズ) や逃避反応などが起こる。このような科学実験で動物が感じたと言われる「恐怖」は感情という言葉でなく、情動という言葉で表している。現代の認知科学において情動は目標の管理において機能する一時的な主観的状态またはプロセスとして広く定義される (Dantzer, 1990; Oatley and Johnson-Laird, 2014)。情動には 1. 生理学的反応、2. 行動的または表現的反応、3. 主観的経験といった3つの異なる要素が含まれる。ただし、情動と感情は切り分けて定義する必要があるという主張もある (ダマジオ, 2018)。ダマジオによれば、感情は情動より上位にあり、情動の影響をうける内的な精神世界を示す。情動が表出するメカニズムは明らかにされているものの、主観的な経験や状態をもたらすプロセスは未解明であり、様々な研究者が独自の仮説を立てている (ダマジオ, 2018; ガザニカ, 2014; 櫻井, 2018)。行動実験によって間接的に苦しむ感情を持つか持たないかを示唆する研究は多数あるが、無脊椎動物はおろか、脊椎動物ですら結論がつかない部分が多い (例えば Sneddon, 2014; Barron and Klein, 2016; Perry and Baciadonna, 2017)。その理由は主観的な体験を定量評価する直接的な技術が今のところ我々にはないためである。

3-3節 昆虫の感情について

昆虫にも侵害に対し苦しむ感情を持つことができるのかは、行動学的なアプローチによりここ数年で調査が進められている。Gibsonら (2015) は、ショウジョウバエをベトリ皿に入れ、頭上で回転する不透明な物体に繰り返しさらしたところ、運動速度の増加、ホッピングおよび行動停止をもたらし、食物にいるハエが分散することとなった。ハエの刺激に対する行動反応は、刺激の通過が多いほど段階的に大きくなり、かつ行動は刺激の存在よりも長く続き、持続的であった。このことはショウジョウバエにとって頭上の物体による嫌悪的刺激が一般的な恐怖に変換された可能性を示唆するといえる。また、Cassillら (2016) は、ヒアリ *Solenopsis invicta* が「ワギング」と呼ばれる腹部を約 45°で上下に動かす動作を行うことを発見した。このワギングは巣の中で行われるため、防御的な姿勢ではない。腹部の針は決して押し

出されず、先端から毒が観察されることはなく、振るときに集団が分散することもなかった。また、この動作は音や視覚的コミュニケーションの形態ではないとも結論付けられた。興味深いことに、ヒアリが幼虫または食物と接触したときにワギングが大幅に発生した。この巢内の行動は、ヒトや他の哺乳類の「快樂」の表情や身体姿勢に類似している可能性があることを示唆している (Briefer *et al.*, 2015; Proctor and Carder, 2014; Quaranta *et al.*, 2007)。

ミツバチは高度な認知能力を持つことが知られている。餌のありかを他個体に言語のように記号化(8の字ダンス)して伝える能力を持つ (Frisch *et al.*, 1967) ほか、他個体の複雑な行動を観察し、それに基づきより最適化させて行動できる (Loukola *et al.*, 2017)。その他、ゼロの概念 (Howard *et al.*, 2018) や和や差の計算 (Howard *et al.*, 2019) も報告されている。このような高度な認知能力を持つミツバチやアリをはじめとする社会性昆虫においては、主観性の存在が議論されている (Barron and Klein, 2016; ダマジオ, 2019)。

脳や学習能力の発達は、意識の表出に重要な役割を果たす (ダマジオ, 2019)。意識の表出は、痛みに対し苦しむ感情を持つか否か考えるうえで重要な要素である (ダマジオ, 2018)。昆虫の記憶が生じる部位については、前脳にあるキノコ体において調査が進んでいる。ショウジョウバエでは、キノコ体が長期記憶と短期記憶の両方に関与していることが明らかになっている (Waddell and Quin, 2001; Heisenberg, 2003)。キノコ体は社会性昆虫および群居性ゴキブリで特に発達しており (水波, 2006)、ミツバチのキノコ体は連合記憶など高次行動に関与していることが明らかになっている (Menzel and Giulfa, 2001)。ミツバチは社会的経験を得ることによって学習記憶能力が発達することが知られている (市川, 2003)。社会性の発達は痛みを苦しむ感情にも大きく貢献しているといわれる (ダマジオ, 2019)。さらに、キノコ体の大きさは、分業および/または労働者の採餌経験に応じて変化する (Farris *et al.*, 2001) ことが報告されている。社会性と意識の発達の関係および意識とキノコ体の発達との因果関係は明らかにされておらず、研究の進展が待たれるところである。

4章 総括

第1章では食用昆虫への関心の高まりとともに昆虫の家畜化が進み、昆虫の福祉が必要となることを示した。第2章では日本人は自身の動物との在り方を問うような観念的な方向へ注力している傾向があることを示した。続いて第3章では昆虫は侵害刺激を受容し、記憶することを示した。ヒトの発達した大脳は、ヒトならではの豊かな感情を生み出す仕掛けであることは間違いないだろう。しかし、その高度な感情は動物が長年維持してきた脳幹部に大きく依存しており、さらに感情の基盤は太古の昔から獲得されたものであった。ヒトにおいても大脳皮質にこそヒトらしさや哺乳類らしさがあるという考え方は、感情の基盤が脳幹にあるという指摘をもって非常に揺らいでいるといえよう。

これまで見てきたように、少なくとも昆虫の脳は感情を生み出すのに必要な基盤を備えているということは明らかである。昆虫も侵害に対して何らかの負の感情を感じるという考え方は十分考慮に値する。しかし、痛みに対しどれほど負の感情を持つのか (苦しみの程度) は全く未知である。これは、意識の有無にもつながる議論であるが、ヒトの意識は系統的に非常に古い脳部位に依存している。また、意識は脳だけでなく、身体、そして環境の相互作用から生じる多種多様な特性を持つ多次元のプロセスであり (Edelman, 2003)、一概に脳の規模や構造のみで結論付けることは難しい。

ただ、ヒトのような痛みに対して深い苦しみを感ずることは、自己意識や社会性や高度な知性を育むための重要な形質であり、感情の深さとして昆虫はヒトに及ぶべくもないだろう。意識にもレベルがあり、時間軸をふくめた幅広い範囲の対象物と事象を認知できる能力は、ヒトで特に発達した新皮質にあるとされる (ダマシオ, 2018)。昆虫種のキノコ体をはじめとする脳の発達度合いは異なっており、とりわけ社会性昆虫においては高度な認知能力が必要とされることから、苦痛の度合いは昆虫種によって異なることも十分考えられる。このことは動物全般でもいえることであり、昆虫だけでなく動物の福祉を考えるうえで注意を要すべきである。

Darwin (1871) は、痛みは自然選択による進化の過

程で獲得した情動（感情）であり、多くの種で共有されていると述べている。痛みに対処するほとんどの研究は哺乳類を中心に焦点を合わせているが、西欧で見直しが進んでいる。しかし、動物の痛みだけで動物の福祉を語ることは不十分であろう。近代日本では、ヒトを万物の霊長としつつも「生類」の中に位置づけ、人倫の道を実践し己を律していく精神が育まれてきた。この動物観は一考の価値があるだろう。これまで動物の福祉は大半が脊椎動物の範囲に限定されてきたが、根本的に生命は同質であることを土台とした新しい生命観、倫理観の構築も望まれる。

引用文献

- Barron, A. B. and Klein, C. What insects can tell us about the origins of consciousness. *Proc. Natl. Academy Sci. U.S.A.* **113**: 4900-4908 (2016).
- Briefer, E. F., Tettamanti, F., and McElligott, A. G. Emotions in goats: mapping physiological, behavioural and vocal profiles. *Anim. Behav.* **99**: 131-143 (2015).
- Cassill, D., Ford, K., Huynh, L., Shiffman, D., and Vinson, S. B. A study on abdominal wagging in the fire ant, *Solenopsis invicta*, with speculation on its meaning. *J. Bioeconomics* **18**: 159-167 (2016).
- Dantzer, R. Animal suffering: The practical way forward. *Behav. Brain Sci.* **13**: 17-18 (1990).
- Darwin C. The Expression of the Emotions in Man and Animals. London: John Murray(1886).
- Diegelmann, S., Klagges, B., Michels, B., Schleyer, M., and Gerber, B. Maggot learning and Synapsin function. *J. Exp. Biol.* **216**: 939-951.
- Edelman, G. M. 2003. Naturalizing consciousness: a theoretical framework. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **100**: 5520-5524 (2013).
- Farris, S.M, Robinson, G.E.,and Fahrbach, S.E. Experience – and age-related outgrowth of intrinsic neurons in the mushroom bodied of the adult worker honeybee. *J. Neurosci.* **21**: 6395-6404 (2001).
- Frisch, K.V., Wenner, A.M., and Johnson, D.L. Honeybees: do they use direction and distance information provided by their dancers? *Science* **158**: 1072-1077 (1967).
- Gibson, W. T., Gonzalez, C. R., Fernandez, C., Ramasamy, L., Tabachnik, T., Du, R. R., Felsen, P. D., Maire, M. R., Perona, P., and Anderson, D. J. Behavioral responses to a repetitive visual threat stimulus express a persistent state of defensive arousal in *Drosophila*. *Curr. Biol.* **25**: 1401-1415 (2015).
- Gruerber, W. B., Graubard, K., and Truman, J. W. Tiling of the body wall by multidendritic sensory neurons in *Manduca sexta*. *J. Comp. Neurol.* **440**: 271-283 (2001).
- Heisenberg, M., Wolf, R., and Brembs, B. Flexibility in a single behavioral variable of *Drosophila*. *Learn. Mem.* **8**: 1-10 (2001).
- Heisenberg, M. Mushroom body memoir: from maps to models. *Nat. Rev. Neurosci.* **4**: 266-275 (2003).
- Howard, S. R., Avarguès-Weber, A., Garcia, J. E., Greentree, A. D., and Dyer, A. G. Numerical ordering of zero in honey bees. *Science* **360**: 1124-1126 (2018).
- Howard, S. R., Avarguès-Weber, A., Garcia, J. E., Greentree, A. D., and Dyer, A. G. Numerical cognition in honeybees enables addition and subtraction. *Sci. Adv.* **5**: eaav0961 (2019).
- Hwang, R. Y., Zhong, L., Xu, Y., Johnson, T., Zhang, F., Deisseroth, K., and Tracey, W. D. Nociceptive neurons protect *Drosophila* larvae from parasitoid wasps. *Current Biol.* **17**: 2105-2116 (2007).
- Kawahara, A. Y. Thirty-foot telescopic nets, bug-collecting video games, and beetle pets: Entomology in modern Japan. *Am. Entomol.* **53**: 160-172 (2007).
- Loukola, O. J., Perry, C. J., Coscos, L., and Chittka, L. Bumblebees show cognitive flexibility by improving on an observed complex behavior. *Science* **355**: 833-836 (2017).
- Matthews, G. and Wickelgren, W. O. Trigeminal sensory neurons of the sea lamprey. *J. Comp. Physiol. A Sens. Neural Behav. Physiol.* **123**: 329-333 (1978).
- Menzel, R. and Giulfa, M. Cognitive architecture of a mini-brain: the honeybee. *Trends. Cogn. Sci.* **5**: 62-71 (2001).
- Nagy, V., Cole, T., Van Campenhout, C., Khoung, T. M., Leung, C., Vermeiren, S., Novatchkova, M., Wenzel, D., Cikes, D., Polyansky, A. A., Kozieradzki, I., and Arabella, M. The evolutionarily conserved transcription factor PRDM12 controls sensory neuron development and pain perception. *Cell Cycle* **14**: 1799-1808 (2015).
- Neely, G. G., Keene, A. C., Duchek, P., Chang, E. C., Wang, Q. P., Aksoy, Y. A., Rosenzweig, M., Costigan, M., Woolf, C. J., Garrity, P. A., and Penninger, J. M. TrpA1 regulates thermal nociception in *Drosophila*. *PLoS One* **6**: e24343 (2011).
- Nishino, K. Faith of relief from famine in Fukuoka clan of Kyoho period. *J. Res. Soc. Buddhism and Cultural Heritage.* **15**: 62-89 (2007).
- Nunez, J., Maldonado, H., Miralto, A., and Balderrama, N. The stinging response of the honeybee: effects of morphine, naloxone and some opioid peptides. *Pharmacol. Biochem. Behav.* **19**: 921-924 (1983).
- Oatley, K. and Johnson-Laird, P. N. Cognitive approaches to emotions. *Trends Cognitive Sci.* **18**: 134-140 (2014).

- Pascual A. and Pr at T. Localization of long-term memory within the *Drosophila* mushroom body. *Science* **294**: 1115-1117 (2001).
- Perry, C. J. and Baciadonna, L. Studying emotion in invertebrates: what has been done, what can be measured and what they can provide. *J. Exp. Biol.* **220**: 3856-3868 (2017).
- Proctor, H. S. and Carder, G. (2014) Can ear postures reliably measure the positive emotional state of cows? *Appl. Anim. Behav. Sci.* **161**: 20-27 (2017).
- Quaranta, A., Siniscalchi, M., and Vallortigara, G. Asymmetric tail-wagging responses by dogs to different emotive stimuli. *Curr. Biol.* **17**: R199-R201 (2007).
- Sherwin, C. M. Can invertebrates suffer? Or, how robust is argument-by-analogy? *Anim. Welfare* **10**: S103-118 (2001).
- Sneddon, L. U., Elwood, R. W., Adamo, S. A., and Leach, M. C. Defining and assessing animal pain. *Anim Behav* **97**: 201-212 (2014).
- Sneddon, L. U. Anatomical and electrophysiological analysis of the trigeminal nerve in a teleost fish, *Oncorhynchus mykiss*. *Neurosci. Lett.* **319**: 167-171 (2002).
- Sneddon, L. U. Pain in aquatic animals. *J. Exp. Biol.* **218**: 967-976 (2015).
- Snow, P. J., Renshaw, G. M. C., and Hamlin, K. E. Localization of enkephalin immunoreactivity in the spinal cord of the long-tailed ray *Himantura fai*. *J. Comp. Neurol.* **367**: 264-273 (1996).
- Sprecher-Uebersax, E. The stag beetle *Lucanus cervus* (Coleoptera, Lucanidae) in art and mythology. *Revue d' cologie* **63**: 153-159 (2008).
- Tedjakumala, S. R. and Giurfa, M. Rules and mechanisms of punishment learning in honey bees: the aversive conditioning of the sting extension response. *J. Exp. Biol.* **216**: 2985-2997 (2013).
- Tobin, D. M. and Bargmann, C. I. Invertebrate nociception: behaviors, neurons and molecules. *J. Neurobiol.* **61**: 161-174 (2004).
- Tsubouchi, A., Yano, T., Yokoyama, T.K., Murtin, C., Otsuna, H., and Ito, K. Topological and modality-specific representation of somatosensory information in the fly brain. *Science* **358**: 615-623 (2017).
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., and Vantomme, P. Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013).
- Waddell, S. and Quinn, W. G. What can we teach *Drosophila*? What can they teach us? *Trends Genetics* **17**: 719-726 (2001).
- Walters, E. T. Nociceptive biology of molluscs and arthropods: Evolutionary clues about functions and mechanisms potentially related to pain. *Frontiers Physiol.* **9**: 1049 (2018).
- Yen, A. L. Foreword: Books about edible insects in different languages. *J. Insects as Food and Feed* **1**: 85-86 (2015).
- Yoshino, J., Morikawa, R. K., Hasegawa, E., and Emoto, K. Neural circuitry that evokes escape behavior upon activation of nociceptive sensory neurons in *Drosophila* larvae. *Current Biol.* **27**: 2499-2504 (2017).
- Zhong, L., Bellemer, A., Yan, H., Ken, H., Jessica, R., Hwang, R. Y., Pitt, G. S., and Tracey, W. D. Thermosensory and nonthermosensory isoforms of *Drosophila melanogaster* TRPA1 reveal heat-sensor domains of a thermoTRP Channel. *Cell Reports* **1**: 43-55 (2012).
- Zabala, N. A., Miralto, A., Maldonado, H., Nunez, J. A., Jaffe, K., and Calderon, L. D. C. Opiate receptor in praying mantis: effect of morphine and naloxone. *Pharmacol. Biochem. Behav.* **20**: 683-687 (1984).
- Zabala, N. A. and Gomez, M. A. Morphine analgesia, tolerance and addiction in the cricket *Pteronemobius sp.* (Orthoptera, Insecta). *Pharmacol. Biochem. Behav.* **40**: 887-891 (1991).
- アントニオ・ダマジオ. 意識と自己. 講談社学術文庫 (2018).
- アントニオ・ダマシオ. 進化の意外な順序－感情、意識、創造性と文化の起源. 白揚社.
- 林羅山. 三徳抄 日本思想大系. 28: 岩波書店 (2019) (1975).
- 市川直子. ミツバチの記憶・学習能力の発達と維持に重要な社会的経験について. *ミツバチ科学*. **24**: 119-128 (2003).
- ジャレド・ダイヤモンド. 銃・病原菌・鉄 (上) 1万3000年にわたる人類史の謎. 草思社文庫 (2012).
- 貝原益軒. 大和俗訓. 岩波文庫 (1977).
- マイケル・S. ガザニガ. 〈わたし〉はどこにあるのか: ガザニガ脳科学講義. 紀伊國屋書店 (2014).
- 三橋 淳. 昆虫食文化事典. 八坂書房 (2012).
- 三宅恒方. 食用及薬用昆虫に関する調査. 農事試験場特別報告. **31**: 203 (1919).
- 水元邦彦. 環境の日本史 4人と自然の近世 人々の営みと近世の自然. 吉川弘文館. 8 - 38 (2013).
- 水波 誠. 昆虫一驚異の微小脳. 中公新書 (2006).
- 水野 壮. 持続可能な社会における昆虫食の役割とその普及活動. *生物科学*. **66**: 151-163 (2015a).
- 水野 壮. 昆虫食の価値・伝統 再評価を. 読売新聞論点 (10月7日) (2015b).
- 水野 壮. 昆虫は痛みを感じているか?－小さな「手乗り家畜」の動物福祉. SYNODOS <https://synodos.jp/info/12186> (1月29日) (2015c).
- 水野 壮. 現代の昆虫食の価値: ヨーロッパおよび日本を

- 事例に. 国際交流研究. **18**: 159-178 (2016a).
- 水野 壮. 昆虫を食べる! - 昆虫食の科学と実践 -. 洋泉社 (2016b).
- 野中健一. 昆虫食先進国ニッポン. 亜紀書房 (2008).
- 佐藤衆介. アニマルウェルフェア-動物の幸せについての科学と倫理. 東京大学出版会 (2005).
- 櫻井 武. 『ころ』はいかにして生まれるのか 最新脳科学で解き明かす『情動』. 講談社ブルーバックス (2018).
- 佐藤衆介. 日本における農用家畜保護思想および研究の展開. 日本家畜管理研究会誌. **27**: 91-96 (1992).
- 沢山美果子. 環境の日本史4人々の営みと近世の自然近世人のライフコース. 吉川弘文館. 104-133 (2013).
- 高橋梵仙. 日本人口史之研究第2. 日本学術振興会 (1955).
- 高松裕希. 昆虫食文化と生物多様性の保全に関する研究 - タイ国の食料安全保障のための昆虫養殖を事例として -. 東洋大学修士論文 (2013).
- 塚本 学. 生類をめぐる政治. 平凡社 (1983).
- 塚本 学. 江戸時代人と動物. 日本エディタースクール出版部 (1995).
- ヴィクトリア・ブレイスウエイト. 魚は痛みを感じるか? 紀伊國屋書店.
- 趙宗正, 路徳彬. 1995. 儒教と中国人の民族精神との歴史そして未来. 中国研究集刊. **16**: 22-40 (2012).