



特集 市民科学のデザイン：市民参加型調査の多様性と経営論

学術情報

巨大外来ナメクジ vs. 市井の超人たち

森井 悠太*

京都大学白眉センター／大学院理学研究科

Invasive giant slugs vs. innovative great citizens

Yuta Morii*

The Hakubi Center / Graduate School of Science, Kyoto University

要旨：多数の市民の目による監視が外来生物の早期発見につながることから、外来種問題は市民科学が最も威力を発揮する分野のひとつであると考えられ、市民科学の貢献が期待されている。研究者や行政による外来種への対応が予算や時間など高いコストを要求するのに対して、研究者以外の市民による対応は多くの方々の力を借りられることから生物の分布域の把握や外来種の初期の検出に対して効力を発揮する手法として注目されている。筆者はこれまで、北海道を拠点に活動する市民や博物館関係者、国内の研究者らと共に、「外来ナメクジをめぐる市民と学者の会」という非営利団体を立ち上げ、代表の一人として外来生物をめぐる市民参加型の研究プロジェクトを推進してきた。具体的には、近年日本に侵入したばかりの外来種であるマダラコウラナメクジを対象に扱っており、1) 市民や研究者、メディアをも巻き込んだ外来ナメクジの継続的な観測と駆除、2) 市民と研究者の連名による専門的な学術雑誌や一般向けの科学雑誌などへの発表、3) 博物館やボランティア団体と連携した市民向け観察会や講演会の実施とそれらを通じた自然保護や科学リテラシーの普及と教育、の3つを軸に活動を続けている。本稿ではまず、筆者の参画する市民科学のプロジェクトによる成果を紹介する。その上で、市民参加型のプロジェクトを企画・運営するにあたり筆者自身が心掛けている経営論について意見を述べる。未来の市民科学を成功に導く道標となることを期待したい。

キーワード：市民科学、市民参加型調査、外来種、マダラコウラナメクジ、科学リテラシー

はじめに：市民科学のススメ

市民科学の有用性に近年注目が集まっている (e.g. Bonney et al. 2009; Kobori et al. 2016)。ただ一口に市民科学と言っても、その中には研究プロジェクトに応じた非常に様々なスタイルがあることは、大野・森井 (2021) に述べられている通りである。筆者はこれまで、北海道を拠点に活動する市民や博物館関係者、国内の研究者らと共に、「外来ナメクジをめぐる市民と学者の会 (以下、市民と学者の会)」という非営利団体を立ち上げ、代表の一人として外来生物をめぐる市民参加型の研究事業を推進してきた (「外来ナメクジをめぐる市民と学者の会」、

<https://yutamorii.wordpress.com/science-to-the-people/>、2020年7月13日確認)。本プロジェクトの特徴としてはまず、近年日本に移入したばかりの外来種・マダラコウラナメクジ *Limax maximus* Linnaeus (図1) というたった一種のみを対象としていることが挙げられる。詳細については後述するが、日本には類似種の分布していないマダラコウラナメクジのみを対象とすることによって、専門知識のない市民でも活動に参加しやすい環境を作り出せると考え、実行に移している。他方、手法についてはこだわりが少ない。誰にでもできる簡便な手法から、他の誰にもなしえない困難な調査まで、様々な手段を組み合わせることで、それぞれの参加者の強みを活かした多面的な活動を展開している。

本稿は、COVID-19のパンデミックによって開催中止

2020年8月8日受付、2020年9月3日受理

*e-mail: yutamorii@gmail.com



図1. 札幌市円山公園に現れたマダラコウラナメクジ。

となった日本生態学会第67回大会において、筆者が予定していた講演の内容を書き起こしたものである。筆者の参画する市民参加型の研究プロジェクトを紹介した上で、市民科学の性格に応じた適切なデザインの提示という本特集の趣旨に則り、市民参加型のプロジェクトの企画・運営と経営論について自身の見解を述べる。筆者の参画する市民科学のプロジェクトでは、元々は趣味として自然に関する知識や経験を蓄えていた市民の方々や、外来種を専門としない他分野の研究者の方々など、様々な立場の「市井の超人たち」が協力し合い成果を上げている。立場や分野を超えて人々が繋がり、世界を変えるチカラとなる、そんな市民科学の魅力を、本稿を通して読者らに伝えられるよう議論を展開したい。

最初の成果：市民科学の検出力

外来生物が時に、生態的・経済的・衛生的な悪影響を及ぼしうると言われて久しい (e.g. Lowe et al. 2000; Simberloff et al. 2005)。しかし、外来種とは元来、人類の活動によってもたらされるものであり、人類が移動と輸送を止めない限り、根本から解決することは原理的にできない。人類の移動がますます活発化する昨今、それに伴って外来種のリスクも増大しており、我々は日々、押し寄せる新しい外来種の脅威に晒され続けている。

外来種の脅威については近年になってようやく、問題の重大さが市民にも認知されるようになってきた

(Ohsawa and Osawa 2014; 大澤・川野 2019)。多くの市民による監視が新規外来種の早期発見につながることから、外来種問題は市民科学が最も威力を発揮する分野のひとつであると考えられ、市民科学の貢献が期待されている (e.g. Maistrello et al. 2016; Pocock et al. 2017)。筆者の参画するプロジェクトで扱うマダラコウラナメクジも、近年日本に侵入したばかりの外来種である。マダラコウラナメクジは、体長15 cmにも成長する大型のコウラナメクジ科 Limacidae の陸産貝類で、元来は北欧に分布する (Kerney and Cameron 1979)。日本国外では、北アメリカ・南アメリカ・南アフリカ・太平洋上の複数の島嶼・オーストラリア・ニュージーランドへの移入がこれまでに確認されており、上記のような広範囲において様々な環境への侵入と定着がなされた事から、世界的にも侵略的な外来種の一つと考えられている (Barker and McGhie 1984; McDonnell et al. 2009; Gaitan-Espitia et al. 2012)。日本国内への移入・定着は、2006年に茨城県を最初に (長谷川ほか 2009)、現在では長野県、福島県、北海道などでも発見されており (飯島ほか 2013)、日本国内における急速な分布拡大が懸念されている。一方で、日本国内においては未だ報告例が少なく、分布拡大の経路や速度についてはほとんど明らかにされていなかった。

筆者が最初に野外でマダラコウラナメクジを発見したのは、2014年7月の雨の日のことであった。過去に幾度も訪れていた北海道札幌市の円山公園において、マダラコウラナメクジに初めて遭遇した。しかし、札幌市近郊

に住む市民は筆者による発見よりも遙か前から、マダラコウラナメクジの北海道への上陸に気づいていたことが、市民の運営する個人ブログに公開されていた情報から明らかになった。筆者は、個人ブログのオーナーらと連絡を取り、オーナーらの持つ情報から、マダラコウラナメクジの北海道への侵入が2012年6月以前になされたこと、札幌市の円山公園のほか、近隣の江別市にもすでに定着していることを、侵入の初期に割り出すことに成功した(森井ほか 2016)。同時に、やり取りの過程で知り合った市民らと先述の「外来ナメクジに挑む市民と学者の会」を結成し、上記の活動を本会の最初の成果として公表した。市民による新規の外来種の検出力の高さを物語る好例と言えるだろう。ただし本件の成功の背景として、日本に侵入したマダラコウラナメクジが、日本に在来の類似種がおらず、豹柄の体表模様を示し、かつ15 cmにもなるという非常に目立つ特徴をもっており、市民の目を引きやすい存在であったことが功を奏したと思われる点には注意が必要である。

第二の成果：市民科学の可能性

研究者や行政による外来種への対応は「積極的監視 active surveillance」と呼ばれ、緊急性や危険性の高い外来種や感染症への対策に必要な不可欠である反面、予算や時間など高いコストを要求するという特徴がある。対して、研究者以外の市民による外来種の発見報告は「受動的監視 passive surveillance」と呼ばれ、外来種の分布域の把握や初期の検出に対して効力を発揮する手法として注目されている(Hester and Chaco 2017)。

筆者は2015年3月に開かれた日本生態学会第62回大会において「外来ナメクジの行方を追え！動態追跡プロジェクトの提案」というタイトルでポスター発表を行い、新たな研究プロジェクトを立ち上げる共同研究者を探していた。インターネットサービスを利用し市民参加型調査を行うことで、市民の方々から写真／日時／位置の3つの情報を募り、マダラコウラナメクジの分布域が今後どのように変化するかを日本全国規模で追跡しようと考えた。そのときは残念ながら賛同者が現れず、構想を実行に移すことは叶わなかったが、最初の成果(森井ほか 2016)を元手にメディアへと露出することによって、マダラコウラナメクジの受動的監視を容易に実現できるはずと思い至った。メディアの力を借りることができれば、わざわざ大掛かりなプロジェクトを立ち上げずとも、次の研究へと繋がる足掛かりを得られると考えたのである。

幸運にも実際に、2016年2月には北海道新聞の記事において、同年10月には北海道文化放送の放映するテレビ番組において、筆者自らマダラコウラナメクジを紹介する機会に恵まれ、それらの機会を利用して市民に対して情報提供を呼びかけることができた。その結果、2016年内に38件もの目撃情報が電子メールを通じて寄せられ、そのうち1) マダラコウラナメクジの写真、2) 正確な観察地点、3) 観察日時の3つの条件を満たす29件の報告を用い、北海道内におけるマダラコウラナメクジの現状の分布域と分布拡大の経過の把握を試みた。結論として、すでに定着が確認されていた2地点のほかにも14地点もの新産地から目撃証言が得られ、中には札幌市からそれぞれ100 km以上も離れた芦別市・八雲町・室蘭市・鳥牧村からの情報も含まれていた。これにより、2012年から2016年の5年間でマダラコウラナメクジが急激に分布を拡大していることを把握できたほか、レタス、ハクサイ、キュウリなどの農作物を食害するという証言も得ることができた(Morii and Nakano 2017)。

特筆すべきは、札幌市西町で撮影された写真に、体長10 cmほどにもなる大型の在来ヒルであるカワカツガビル *Orobodella kawakatsuorum* Richardson がマダラコウラナメクジを捕食する様子が写されていたことだろう。カワカツガビルは従来、ミミズのみを捕食すると考えられており、捕食の瞬間を捉えた一連の写真はヒル類の研究者の常識を覆すものであった。市民によって偶然もたらされたこの情報は、新たな外来種に対し在来の生物がいかに対応するのかという保全生物学的な課題に対して、また、特定の獲物のみを捕食する専門食者がどのように餌資源をシフトするのかという進化生物学的な課題に対して、興味深い知見を与えるものとなった(Morii and Nakano 2017)。マダラコウラナメクジの分布拡大の過程を知るために募ったはずの市民からの報告が、予想もしない結果に結びついたのである。市民科学の可能性を示す好例と言えるだろう。

第三の成果：市民科学のチカラ

ナメクジがどのような環境条件で活発化するのかという命題は、農業害虫の防除の観点から長らく活発に議論されてきた(e.g. Barnes and Weil 1944, 1945; Crawford-Sidebotham 1972)。例えば、高温・多湿の環境においてナメクジが活発化するなどの傾向が、環境制御下における室内実験や行動観察などにより明らかにされており、長年に渡る複数の研究によって数多くの知見が蓄積されて

いる (e.g. Dainton 1954 ; Hommay et al. 1998)。しかしながら、実際の野外環境があまりに複雑であるため、気温や湿度、風速、降雨量、日照量などの多様な気象条件のうち、どの要素がどの程度、ナメクジの活動性に影響しているかは明らかにされていなかった。この問題にアプローチするためには、1) 野外における長期モニタリングによるナメクジ消長の記録、2) ナメクジの記録と同時期の同場所における気象情報のデータ、3) 複雑に関係し合う気象条件からナメクジ動態を推定する統計解析、の3つの課題をクリアしなければならない。特に1)の長期モニタリングには相当な労力がかかるため、現実的に実現は不可能と思われた。

札幌市在住の渡辺早苗氏は、札幌市の円山公園に出没するマダラコウラナメクジの記録を独自に取り続けていた。渡辺氏は2015年1月1日から2016年12月31日の2年間、ほぼ毎日(716日間)、毎朝5時から、標高225mの円山山頂に至るまでの片道約1kmほどの同一の登山道に出現したマダラコウラナメクジの個体数を数え続けた。最終的に記録したマダラコウラナメクジの個体数は二年間で583個体を数え、多い日には一日に19個体を記録する日もあった。さらに、2015年・2016年共に8~9月にマダラコウラナメクジの活動が活発化する傾向があることを突き止め、特に2016年の8月には2日間を除いてほぼ毎日、合計244個体ものマダラコウラナメクジを記録した。都合の良いことに、渡辺氏が長期モニタリングを行った調査地からたった2kmの位置に気象庁の札幌管区気象台があり、毎日・毎時の詳細な気象データをインターネットに無料で公開していた。これらのデータを用いれば、マダラコウラナメクジの活動性と野外の複雑な環境条件との関係を示す統計モデルを作成することができるはずである。渡辺氏というたった一人の超人的な市民の出現によって、最大の難関が一挙に解決されることとなった。

互いに強く相関し合う変数を単一の統計モデルに組み込むことによって生じる誤推定は「多重共線性 multicollinearity」と呼ばれ、長年に渡る統計学的な課題とされている。気象データはこの問題を抱える典型例であり、ほぼ全ての変数が互いに関係し合っている。これこそが、ナメクジの活動性と気象条件との相関を推定するにあたり避けられぬ、次なる難題であった。例えば、降雨量の高い日を考えたとき、日照量が少なく、大気圧は低く、湿度が高く、気温が低いという条件も必然的に重なってくる。そんな条件の中、降雨量、日照量、大気圧、湿度、気温のうちどの変数がどの程度、ナメクジの活動

性の予測に使えるのかを示すのは、至難の技と言えよう。

多重共線性の問題を解決する代表的な手法の一つに、主成分分析によるデータの再構成と、それぞれの主成分を用いた最尤推定がある。主成分分析は、互いに相関する変数を、データの分散を元にした異なる軸を持つ変数に置き換えることで、互いに相関のない変数を作り出すことができるという強みがあるが(Pearson 1901 ; Hotelling 1933)、欠点も主に二つある。一つ目に、元の変数に対して少ない主成分軸に置き換えることにより、原理的にデータの持つ情報の喪失を免れ得ない。二つ目に、得られた結果の解釈が煩雑になるという点が挙げられる(Abdi and Williams 2010)。生態学のような研究分野では研究対象が膨大な情報量を持つことも多く、収集したごくわずかなデータから意味のある結論を導き出そうとする状況において、上記のいずれの欠点も無視できない重大な影響を与えうる。

上記の難題に取り組んだのが、当時まだ北海道大学大学院の博士課程の学生であった大久保祐作博士(現・統計数理研究所)であった。大久保博士は様々な手法を駆使して、従来の手法では推定しきれなかったナメクジの活動性と気象条件との関係を見出すことに成功した(Morii et al. 2018)。結果として、マダラコウラナメクジを観察した時間(朝5時)と同日の気象条件に基づく、平年よりも湿度が高く、風速が弱く、降雨量が少ない時、および日に、ナメクジが出現する傾向が示唆された。さらに、平年よりも気温が高く、風速が弱く、降雨量が多く、大気圧が低い日の翌日に、ナメクジが多く見られることも統計的に示唆され、翌日のナメクジの活動性を予測するモデルをも提示した。基礎的な知見としては、ナメクジの活動性と当日の降雨量の間には負の相関があることが初めて統計的に示された(Morii et al. 2018)。強い雨の日には陸産貝類は現れないという、実に70年以上も前に提唱されていた仮説が、初めて実証されたことになる(Barnes and Weil 1945)。一方、降雨量の多い日の翌日にナメクジが出現することも示され、雨上がりのジメジメとした晴れ間にナメクジが活発化することがわかった。

成功の背景に、渡辺氏による貴重な長期データのほかに、気象庁が無料で公開している詳細な気象データと、近年の数理統計手法の精度向上のそれぞれが、功を奏したことは注目に値する。本研究は、市民/行政/研究者間の惜しみない協力が、昨今騒がれている外来種の脅威に対して効果を発揮することに加え、基礎研究の向上にも大きな貢献を果たすことをも如実に表している(Morii et al. 2018)。

終わりに：市民科学の経営論

経営学は二十世紀初頭にドイツとアメリカを中心に勃興した比較的新しい学問であるが、学者や時代に応じていくつもの提案や解釈があり単純に定義することは難しい（岡本 2003）。当時まだ新興の学問であった経営学の第一線で活躍したハインリヒ・ニックリッシュによると、経済学と経営学とはそれぞれ独立に並び立つ異なる学問であり、前者は全体の社会から各々の経済現象を解明しようとするトップダウン的な性質を有するのに対し、後者は同一の現象に対して主体（個々の人間）の欲求から理解しようとするボトムアップ的な性格を持っているとされる（田中 2012）。すなわち、経済学が社会や企業といった総体の利益の最大化に貢献するのにに対し、経営学は個々の人間の欲求充足の最大化に寄与すると言えるだろう。

本プロジェクトの活動を通して筆者は、市民科学のプロジェクトには上記のような経営学的な発想に通ずる企画と運営が重要であると考えようになった。すなわち、プロジェクト全体の成果の最大化ではなく、参加者各人の幸福の最大化を図り、状況に応じて柔軟にプロジェクトをデザインするということである。例えば研究者同士の共同研究と同様に、参画者同士の興味の志向が一致し、各々が払う労力と報酬に対する同意が得られてようやく、フェアな協力関係を築くことができると筆者は考えている。参加者の幸福とプロジェクトの方向性が両立して初めて、後世に誇れる成果を得ることができるのではないだろうか。筆者が代表の一人となって参画する「市民と学者の会」では、参加者は基本的に自らの関心に基づいて行動しており、研究者である筆者は最初に方向性を示し同意を得た後は、意見や疑問を通じた参加者らの欲求に任せ、必要な時にのみ方向修正や研究計画を提案するように心がけている。少数の研究者が牽引するのではなく、多数の市民からなる団体に主体性を委ねることが、長期に渡る活動の持続につながると考えているからである。外来種問題のみならず研究者が対応すべき課題が山積する現代にあって、押し寄せる外来種の全てに研究者や行政だけで対処することは時間的にも資金的にも難しい。市民参加型の研究プロジェクトを通して筆者は、参加する市民に対して科学リテラシーを普及させ、いずれは市民らが主体となって科学的・論理的な思考に基づいて活動を継続できるようにすることを目論んでいるのである。

個人ブログでマダラコウラナメクジの侵入を初期に報

告していた市民の一人であり（森井ほか 2016）、のちに筆者と共に「市民と学者の会」を立ち上げ、筆者と並び同会の代表を務めてくださっている札幌市在住の興野昌樹氏は、市民科学の理想を体現する好例である。興野氏は、外来ナメクジの駆除やモニタリング、夜間に行う野外観察会など、自身の考えに基づいた活動をいくつも展開し、同会を牽引してくださっている。近年では、博物館や自然保護団体の関係者に向けた講演や、北海道のナメクジ類に関する学術記事の一般誌への寄稿など、筆者の預かり知らぬ間に数多くの活動成果を上げており、上述した「市民の市民による市民のための市民科学プロジェクトの運営」という筆者の目論見はすでに現実味を帯びてきている（興野 2020）。市民は各々の興味関心によって市民参加型調査に参画しており、当然のことながら義務はない。市民の自由を尊重し、欲求を理解し、各々が楽しめる環境を整えてようやく、持続的なプロジェクトの展開を期待できると筆者は考えている。

さてしかし、筆者の研究プロジェクトに参加されている市民の方々の幸福は、果たして本当に最大化されているだろうか。当事者である筆者には残念ながら、この問いに対する答えを正しく得る方法はなく、筆者は今も自らの運営に確たる自信を持っていないまま市民科学に関わっている。筆者にできることは、自身の欲望に任せて参加者らの意思を蔑ろにせぬよう真摯に向き合い、参加者らの成した貢献に感謝と賞賛を惜しまないくらいのものである。科学リテラシーの普及を目指す上で、元々の時点で科学や研究に興味を持つ市民の存在は極めて重要である。多種多様な市民科学の企画・運営に普遍的な手法はないと言われて久しいが（Jordan et al. 2011）、科学の裾野となるべき貴重な存在を潰すことのないよう市民の幸福を想うことこそが、研究者が市民科学のプロジェクトをデザインする際に気を付けるべき一般則なのかもしれない。参加者一人ひとりの満足を最大化することが、結局のところプロジェクト全体の成果の最大化に繋がると、筆者は信じている。

謝 辞

本稿の執筆にあたり、大久保祐作博士、大澤剛士博士、中野隆文博士、松嶋登博士、興野昌樹氏、渡辺早苗氏、森井淳美氏に多大な助力をいただいた。本特集を共に計画した、大野ゆかり博士、藤木庄五郎博士、一方井祐子博士にも有益な助言をいただいた。その他、筆者の研究プロジェクトに協力してくださった全ての市民、研究者

の方々に、この場を借りて御礼申し上げます。

引用文献

- Abdi H, Williams LJ (2010) Principal component analysis. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2:433-459
- Barker GM, McGhie RA (1984) The biology of introduced slugs (Pulmonata) in New Zealand. 1. Introduction and notes on *Limax maximus*. New Zealand Entomologist, 8:106-111
- Barnes HF, Weil JW (1944) Slugs in gardens: their numbers, activities and distribution. Part 1. Journal of Animal Ecology, 13:140-175
- Barnes HF, Weil JW (1945) Slugs in gardens: their numbers, activities and distribution. Part 2. Journal of Animal Ecology, 14:71-105
- Bonney R, Cooper CB, Dickinson J, Kelling S, Phillips T, Rosenberg KV, Shirk J (2009) Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. Bioscience, 59:977-984
- Crawford-Sidebotham TJ (1972) The influence of weather upon the activity of slugs. Oecologia, 9:141-154
- Dainton BH (1954) The activity of slugs I. The induction of activity by changing temperatures. Journal of Experimental Biology, 31:165-187
- Gaitan-Espitia JD, Franco M, Bartheld JL, Nespola RF (2012) Repeatability of energy metabolism and resistance to dehydration in the invasive slug *Limax maximus*. Invertebrate Biology, 131:11-18
- 長谷川 和範, 福田 宏, 石川 旬 (2009) マダラコウラナメクジの日本国内への定着. ちりぼたん, 39:101-105
- Hester SM, Cacho OJ (2017) The contribution of passive surveillance to invasive species management. Biological Invasions, 19:737-748
- Hommay G, Lorvelec O, Jacky F (1998) Daily activity rhythm and use of shelter in the slugs *Deroceras reticulatum* and *Arion distinctus* under laboratory conditions. Annals of Applied Biology, 132:167-185
- Hotelling H (1933) Analysis of a complex of statistical variables into principal components. Journal of Educational Psychology, 25:417-441
- 飯島 國昭, 福本 匡志, 湊 宏 (2013) マダラコウラナメクジが長野県佐久地方にも出現する. かいなかま, 47:1-4
- Jordan C, Gray SA, Howe DV, Brooks WR, Ehrenfeld JG (2011) Knowledge gain and behavioral change in citizen-science programs. Conservation Biology, 25:1148-1154
- Kerney MP, Cameron RAD (1979) A Field Guide to the Land Snails of Britain and North-west Europe. Wm Collins Sons and Co Ltd., Glasgow
- Kobori H, Dickinson JL, Washitani I, Sakurai R, Amano T, Komatsu N, Kitamura W, Takagawa S, Koyama K, Ogawara T, Miller-Rushing AJ (2016) Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. Ecological Research, 31:1-19
- 興野 昌樹 (2020) 北海道の外來なめくじの「多様性」. モーリー, 55:28-31
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M (2000) 100 of the world's worst invasive alien species. Hollands Printing Ltd., Auckland
- Maistrello L, Dioli P, Bariselli M, Mazzoli GL, Giacalone-Forini I (2016) Citizen science and early detection of invasive species: phenology of first occurrences of *Halyomorpha halys* in Southern Europe. Biological Invasions, 18:3109-3116
- McDonnell RJ, Patne TD, Gormally MJ (2009) Slugs: A Guide to the Invasive and Native Fauna of California. The Regents of the University of California, California
- 森井 悠太, 神 武海, 興野 昌樹, 並河 智子, 佐々木 久美子, 高江 洲昇, 渡辺 早苗 (2016) 北海道に移入したマダラコウラナメクジ (有肺類: コウラナメクジ科) の分布状況. ちりぼたん, 45:256-261
- Morii Y, Nakano T (2017) Citizen science reveals the present range and a potential native predator of the invasive slug *Limax maximus* Linnaeus, 1758 in Hokkaido, Japan. BioInvasions Records, 6:181-186
- Morii Y, Ohkubo Y, Watanabe S (2018) Activity of invasive slug *Limax maximus* in relation to climate conditions based on citizen's observations and novel regularization based statistical approaches. Science of the Total Environment, 637-638:1061-1068
- 岡本 康雄 (2003) 現代経営学辞典・三訂版. 同文館出版, 東京
- 大野 ゆかり, 森井 悠太 (2021) 市民科学のデザイン: 市民参加型調査の多様性と経営論. 日本生態学会誌, 71:65-70
- Ohsawa T, Osawa T (2014) Quantifying effects of legal and non-legal designations of alien plant species on their control and profile. Biological Invasions, 16:2669-2680
- 大澤 剛士, 川野 智美 (2019) 特定外来生物オオハンゴンソウ (*Rudbeckia laciniata* L.) のマルチスケールでの管理計画立案 - 広域的な管理方針地図と詳細な作業計画地図の作成 -. 保全生態学研究, 24:125-134
- Pearson K (1901) On lines and planes of closest fit to systems of points in space. Philosophical Magazine, 6:559-572
- Pocock MJO, Roy HE, Fox R, Ellis WN, Botham M (2017) Citizen science and invasive alien species: predicting the detection of the oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* by moth recorders. Biological Conservation, 208:146-154
- Simberloff D, Parker IM, Windle PN (2005) Introduced species policy, management, and future research needs. Frontiers in Ecology and the Environment, 3:12-20.
- 田中 照純 (2012) ニックリッシュ - 経営共同体の思想 (経営学史叢書, 第XI巻). 文真堂, 東京