

シンポジウム みんなで調べるタンポポ, マルハナバチ, 外来生物—市民調査への参加のススメ

インターネットを駆使した市民参加型調査 「花まるマルハナバチ国勢調査」

東北大学生命科学研究科 大野 ゆかり

Citizen science program "Hanamaru-Maruhana national census" using the internet. Yukari Suzuki-Ohno* (Tohoku University)

Recently, bumblebees have declined worldwide. We aimed to investigate Japanese bumblebee distributions by a citizen science program "Hanamaru-Maruhana national census (Bumblebee national census in English)" using the internet. Using the internet, we asked citizens to take photos of bumblebees and send them by email. When a photo was taken with a smartphone or GPS phone, the GPS data of observation site was recorded in the photo. Even if the GPS data was not recorded in the photo, the observation site was identified from the text of the email. Species of bumblebees in the photo was identified from the image of the photo. We collected over 3,000 bumblebee photos for three years in this citizen science program, but citizen science monitoring often has the problem of sampling bias. Therefore, in order to reduce sampling bias, species distributions were estimated using a species distribution model, Maxent. Using presence data and environmental data, the distributions of six major bumblebee species (*Bombus diversus*, *B. ardens*, *B. hypocrita*, *B. ignitus*, *B. honshuensis*, and *B. beaticola*) could be estimated with Maxent.

Keywords: Citizen science program, Bumblebees, photo, GPS data, species distribution models

要旨: 現在、マルハナバチ類は世界的に減少傾向にある。そこで我々は、インターネットを駆使し、市民の方々が撮影した写真を利用した市民参加型調査「花まるマルハナバチ国勢調査」によって、日本のマルハナバチ類の分布調査を行うことを目的とした。インターネットを通じて、市民にマルハナバチ類の写真をメールで送ってもらえるよう呼びかけた。写真がスマートフォンやGPS携帯で撮影された場合は、写真に記録されたGPSデータから、GPSデータが記録されていない場合も、メールの本文から撮影場所を特定した。写真の映像から種の同定を行った。我々は3年間で3,000枚を超えるマルハナバチ類の写真を収集することができたが、市民参加型調査には、調査バイアスという問題がある。そこで、調査バイアスを減らすために、種分布モデルのMaxentによる生息地推定を行った。分布データと環境データを使用して、日本の主要6種（トラマルハナバチ、コマルハナバチ、オオマルハナバチ、クロマルハナバチ、ミヤママルハナバチ、ヒメマルハナバチ）の生息地が推定できた。

キーワード: 市民参加型調査, マルハナバチ, 写真, GPSデータ, 種分布モデル

はじめに

マルハナバチ類は、ミツバチ科の花粉籠を持っている比較的大型なハナバチ（図1）で、真社会性を持ち、温帯から亜寒帯という比較的寒い地域に生息している。マルハナバチ類は、野生植物や

作物の花粉を運び受粉させる、重要な野生送粉者である。マルハナバチ類によって、ナス科やウリ科、マメ科、シソ科、キク科、ツツジ科などの植物が受粉される。また、飼育個体がハウス栽培のトマトやイチゴなどの受粉に使用されている。そんな重要な野生送粉者であるマルハナバチ類

だが、全世界的に減少傾向にある (e.g., Goulson et al., 2008 ; Williams & Osborne, 2009 ; Cameron et al., 2011 ; IUCN : <http://www.xerces.org/wp-content/uploads/2015/03/2014-bbsg-annual-report.pdf> 2019.5 参照)。減少の原因は、人間活動による花資源の減少の他、感染症、農薬、外来種の侵入、温暖化などがあげられる (e.g., Potts et al., 2010)。日本でも、ハウス栽培のトマトの受粉に使用されていた、外来種であるセイヨウオオマルハナバチが野生化し、北海道の在来種に影響を与えているのではないかと危惧されている (e.g., Inoue et al., 2008)。日本でも早急な分布調査と保全対策が必要である。しかし、通常、生物の全国的な分布を調べるためには、膨大な労力や時間が必要で、個人では難しいと考えられていた。

そこで我々は、インターネットを駆使し、市民の方々が撮影した写真を利用した市民参加型調査「花まるマルハナバチ国勢調査」によって、マルハナバチ類の分布調査を行うことにした (Suzuki-Ohno et al., 2017 ; 種生物学研究 : [http://www.](http://www.speciesbiology.org/2018/10/16/eShuseibutsu/evol2/Ohno_etal_20181016.pdf)



図 1. マルハナバチの一種のクロマルハナバチ (撮影者 大野ゆかり)。

[speciesbiology.org/2018/10/16/eShuseibutsu/evol2/Ohno_etal_20181016.pdf](http://www.speciesbiology.org/2018/10/16/eShuseibutsu/evol2/Ohno_etal_20181016.pdf) 2019.5 参照)。インターネットを通じて、市民にマルハナバチ類の写真 メールで送ってもらえるよう呼びかけた。写真がスマートフォンや GPS 携帯で撮影された場合、写真に GPS データが記録されていて、撮影場所が特定できる場合がある。GPS データが記録されていない場合も、メールの本文から撮影場所を特定した。写真の映像から種の同定を行った。

しかし、市民参加型調査には、調査バイアスという問題がある。調査されていない地域や、調査されている地域内でもデータの密度が高いところと低いところが生じてしまう。そこで、調査バイアスを減らすために、種分布モデルによる生息地推定を行った。分布データと環境データを使用して、その種がどのような環境に生息しているのかを種分布モデルにより推定し、それをもとに生息地を推定するため、調査されていない地域でも、生息地として推定することが可能になる。種分布モデルは、汎用性の高い Maxent を使用した。Maxent で重複／近接した位置データを削除し、さらにバイアスファイルを設定することで、調査地域を指定することができ、調査バイアスを減らすことができる。それらの成果は、Scientific Reports や種生物学会誌で論文として報告している (Suzuki-Ohno et al., 2017 ; 種生物学研究 : URL 及び参照年月は同ページ参照)。

本稿は、主に Scientific Reports で報告した「花まるマルハナバチ国勢調査」の成果について、日本語でまとめたものである。

方法

写真の収集と分布データ

我々は、市民の方々が撮影した写真を収集して、マルハナバチの分布調査を行う市民参加型調

査「花まるマルハナバチ国勢調査」を開始した。写真を集めるために、ホームページ (<http://meme.biology.tohoku.ac.jp/bumblebee/index.html> 2019.5 参照), フェイスブック (<https://www.facebook.com/hanamamaruhana/> 2019.5 参照), ツイッター (<https://twitter.com/Hanamaruchan870> 2019.5 参照) のアカウントを作り、マルハナバチの写真を撮影してメールで送ってもらえるように、市民に呼びかけた。

写真の収集は、富士通の携帯フォトシステム・クラウドサービスを利用した (<http://www.fujitsu.com/jp/about/environment/activities/japan/psystem/index.html> 平成 31 年 3 月に使用停止)。メールで携帯フォトシステムに GPS データが記録された写真を送ると、ウェブ上で管理者が写真を確認でき、写真の画像から種名を同定後、GPS データをもとにグーグルマップ上に写真を公開できるシステムになっている。GPS データがない写真の場合は、別の Gmail アドレスに写真を送ってもらい、メール本文に書かれた撮影場所の住所をグーグルマップで緯度経度に変換し、ソフトウェアで写真に GPS データとして記録してから、携帯フォトシステム・クラウドサービスに転送した。写真の種の同定は、写真の映像から山形大学の横山教授が行った。

マルハナバチ 6 種の種分布モデルによる生息地推定

マルハナバチ類の分布推定するために、我々は種分布モデルの 1 つである Maximum Entropy Model (Maxent) を使用した (Phillips et al., 2006)。Maxent は種の在 (分布) データと環境データをもとに、在データの無い地域の種の分布確率を推定することができる。環境データは、日本数値情報 (<http://nftp.mlit.go.jp/ksj/> 2019.5 参照) の平年値 (気候) メッシュから、降水量、平均気温、日射量を使用した。また、土地利用 3 次メッシュ

から、水田、畑、森林、荒地、住宅地、その他、河川・湖沼、海浜、海水面、ゴルフ場の面積を使用した。さらに、標高・傾斜度 3 次メッシュから平均標高も使用した。環境データはすべて 1km メッシュである。

また、推定の際、バイアスファイルを使用することで、市民参加型調査で存在する調査バイアスを軽減させることができる。市民参加型調査だと、市民が多い市街地や低標高の観測データが多く集まってしまい、実際とは異なる土地利用や標高の影響が検出されてしまう可能性が大きい。しかし、同じ調査で収集されたすべての種の在データからバイアスファイルを作成し、推定の際に使用すると、参加する市民が存在していないために観測自体されていない地域の環境データをバックグラウンドから除去することができる。バイアスファイルの作成方法は、International Biological Information System (IBIS) のマニュアルに従った (<http://ibis.colostate.edu/cwis438/websites/IBIS/Home.php> 2019.5 参照)。

さらに、データのオーバーフィッティングを防ぐため、関数をデフォルトの Auto feature ではなく、一次関数 (Linear features) と二次関数 (Quadratic features) のみを使用している。その他の設定は、ランダムテストのパーセンテージを 25%、バックグラウンドの最大数を 10,000、繰り返しを 100、繰り返しのタイプをサブサンプリングにしている。

結果と考察

収集された写真と分布データ

2013 年から 2015 年の間で 4,000 枚を超える写真を収集し、3,000 枚を超えるマルハナバチ類の写真を収集することができた (表 1)。マルハナバチ類以外の写真は、キムネクマバチ、セイヨウ

ミツバチ、ニホンミツバチが多く、ハキリバチ類やハナアブ類なども含まれた。外来種であるタイワンタケクマバチの写真も送られてきた（表 1）。これらの写真は、撮影者がそれらの昆虫をマルハナバチ類だと勘違いして送ったものもあれば、マルハナバチ類ではないとわかっていて送ったものも含まれている。ハナアブ類の中には、マルハナバチ類に擬態しているものもいるため、同定の際には注意が必要である。

日本のマルハナバチは外来種であるセイヨウオオマルハナバチも含めて 16 種いるが、ノサップ

表 1. 収集したハナバチの写真の種と枚数 (Suzuki-Ohno et al., 2017 改変)。

種名	枚数
マルハナバチ類	
トラマルハナバチ	902
コマルハナバチ	821
オオマルハナバチ	369
クロマルハナバチ	288
ミヤママルハナバチ	207
ヒメマルハナバチ	145
ナガマルハナバチ	131
ホンシュウハイイロマルハナバチ ^a	74
ウスリーマルハナバチ	37
アカマルハナバチ	27
ハイイロマルハナバチ ^a またはニセハイイロマルハナバチ ^b	26
エゾナガマルハナバチ	11
シュレンクマルハナバチ	8
ニッポンヤドリマルハナバチ（労働寄生性）	7
セイヨウオオマルハナバチ（外来種）	101
未同定（写真の写りが悪いまたは連写のため）	31
クマバチ類	
キムネクマバチ	318
タイワンタケクマバチ（外来種）	4
ミツバチ類	
セイヨウミツバチ（外来種）	235
ニホンミツバチ	101
その他ハチ類	281
その他（ハナアブ類など）	68

^a ホンシュウハイイロマルハナバチは亜種であるが、限られた地域に生息しているため、写真枚数を別に表示している。

^b ハイイロマルハナバチとニセハイイロマルハナバチは、写真のみだと種を同定するのがほぼ不可能（違いが腹部のふさの黒い毛のみ）のため、写真枚数を一緒にしている。

マルハナバチを除く 15 種の写真を収集することができた（表 1）。そのうち、外来種であるセイヨウオオマルハナバチの写真は 101 枚だった。現在はセイヨウオオマルハナバチの写真が 240 枚以上収集できている。高い標高に生息する種（ミヤママルハナバチ、ヒメマルハナバチ）や限られた地域に生息する種・亜種（ウスリーマルハナバチ、ナガマルハナバチ、ホンシュウハイイロマルハナバチ、ニッポンヤドリマルハナバチ）など、収集が難しいと思われた種の写真も、その地域に住んでいる市民の方たちのご協力により、多くの写真を収集することができた（表 1）。また、2016 年には、非常に限られた地域にのみ生息するノサップマルハナバチの写真も収集することができ、16 種全種の写真収集に成功した。

これらの写真の位置データと種データから、マルハナバチの分布データを作成した。その中でも、主要 6 種（トラマルハナバチ、コマルハナバチ、オオマルハナバチ、クロマルハナバチ、ミヤママルハナバチ、ヒメマルハナバチ）の分布データは多く、日本の広範囲に渡る分布データを作成することができた。

マルハナバチ 6 種の種分布モデルによる生息地推定

十分に写真が収集できたと思われる主要 6 種の分布データを使用して、生息地を推定した。生息地を推定した結果、トラマルハナバチの生息地が最も広く、ミヤママルハナバチやヒメマルハナバチが狭いことがわかった。これらの推定された分布は、先行研究で報告されている分布とも一致している（木野田ほか, 2013）。また、6 種に適した気温や標高の組み合わせは異なり、トラマルハナバチ、コマルハナバチ、オオマルハナバチ、クロマルハナバチの 4 種は 35 – 70% ほどが森林で占められた場所が適していると推定された。この森林面積は、マルハナバチにとって、里山環境（人

が管理する二次林や草原、畑や水田、居住地などのモザイク）が生息地として適していることを反映していると考えられた。詳細は Suzuki-Ohno et al. (2017) を参照していただきたい。

今後は、まだ写真枚数の少ない希少種や外来種の分布データの作成を目指す。普通種に関しても、市民参加型調査を続けることで、長期間の時系列データが作成できる可能性がある。また、作成した種分布モデルをもとに、過去と未来の生息地の予測を行い、現在と過去・未来の生息地を比較することで、生息地の縮小／拡大を評価し、どの種のどの地域個体群を保全すべきか、温暖化に向けてどの地域をどのような土地利用にすべきか、具体的な保全対策を提案することを目指す。

謝辞

この研究の一部は、日本学術振興会特別研究員 PD と RPD の特別研究員奨励費 JP22・6920, JP16J40194 の助成、また環境省環境研究総合推進費（S-15 社会・生態システムの総合化による自然資本・生態系サービスの予測評価）の助成を受けたものです。分布調査は、富士通の携帯フォトシステム・クラウドシステムの利用プロジェクト「マルハナバチ全国調査」が主体となっています。携帯フォトシステム・クラウドシステムのサポートをしてくださっている富士通の畠山義彦さんに感謝いたします。たくさんのマルハナバチ類の写真を送ってくださった市民の皆様、特に峯村和夫さん、川畑英毅さん、石森佳子さん、境良朗さん、森島英雄さん、ニックネーム みゃのさん、松田久司さん、ニックネーム 温泉羊さん、ニックネーム ハキリアリさん、麻生嘉さんに感謝いたします。また、このプロジェクトの宣伝に協力してくださった北海道環境財団の安保芳久さん、北海道庁の阿部拓さん、石野順一さん、神奈川県立

生命の星・地球博物館の大西亘さん、国立科学博物館の神保宇嗣さん、札幌市博物館活動センターの山崎真実さん、美幌博物館の城坂（平林）結実さん、倉敷博物館の狩山俊悟さん、南相馬市博物館の仲川邦広さんに感謝いたします。最後に、このプロジェクトの美しいウェブページを作成してくれた千葉大の高橋佑磨さんに感謝いたします。

引用文献

- Cameron, S. A., J. D. Lozier, J. P. Strange, J. B. Koch, N. Cordes, L. F. Solter & T. L. Griswold. 2011. Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, doi:10.1073/pnas.1014743108.
- Goulson, D., G. C. Lye & B. Darvill. 2008. Decline and conservation of bumble bees. *Annual Review of Entomology*, 53 : 191-208.
- Inoue, M. N., J. Yokoyama & I. Washitani. 2008. Displacement of Japanese native bumblebees by the recently introduced *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Conservation*, 12 : 135-146.
- 木野田君公・高見澤今朝雄・伊藤誠夫. 2013. 日本産マルハナバチ図鑑. 191pp. 北海道大学出版会, 札幌.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson & R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 : 231-259.
- Potts, S. G., J. C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger & W. E. Kunin. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25 : 345-353.
- Suzuki-Ohno, Y., J. Yokoyama, T. Nakashizuka & M. Kawata. 2017. Utilization of photographs taken by citizens for estimating bumblebee distributions.

Scientific Reports, 7 : doi: 10.1038/s41598-017-10581-x.

nerability and conservation world-wide. *Apidologie*, 40 : 367-387.

Williams, P. H. & J. L. Osborne. 2009. Bumblebee vul-