



日本バイオロギング研究会会報

日本バイオロギング研究会会報 No. 151

発行日 2019年3月20日 発行所 日本バイオロギング研究会(会長 荒井修亮)

発行人 牧口祐也 日本大学 生物資源科学部 海洋生物資源科学科 魚群行動計測学研究室
〒252-0813 神奈川県藤沢市亀井野 1866

Tel: 0466-84-3687 E-mail: biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp

会費納入先: みずほ銀行出町支店 日本バイオロギング研究会 普通口座 2464557



もくじ

新しい発見

人工知能は動物の移動経路を予測できるか?

依田(名大)&平川(中部大)

マゼランペンギンのメスが冬に多くストランディングする謎

山本誉士(統数研)

研究の紹介

オオミズナギドリの巣立ち後の移動と生存

奥村真成(名大)

老いても羽ばたきを変えないウミネコ

鈴木宏和(名大)

無線型神経ロガーで海鳥の頭の中を観察する

本部拓未(名大)

“親の愛”? 繁殖ステージに合わせて行動を変えるウミネコ

鶴谷未知(名大)

野外活動レポート

栗島のオオミズナギドリ調査

松本祥子(名大)

学会・研究会参加報告

新学術領域ワークショップ BiRD に参加して

小山偲歩(名大)

「生物移動およびそれに伴う生態現象とその研究手法の整理」研究集会

水谷友一(名大)

第66回日本生態学会

本部拓未(名大)

「アルゼンチンのマゼランペンギンの雛」撮影者: 依田憲(名古屋大学)

人工知能は動物の移動経路を予測できるか？

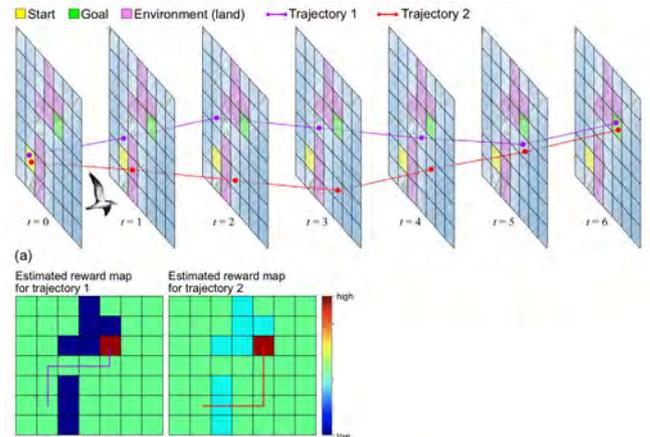
依田憲（名古屋大学） & 平川翼（中部大学）

現在、人工知能と呼ばれているものの多くは、機械学習だ。たとえば、種名と写真を教師（訓練）データとして大量にコンピュータに与え、「学習」させる。その後、ある生物の写真を与えると、コンピュータが種名を教えて（予測して）くれるのだ。これは答え（種名）と一緒に学習させるので、「教師付き学習」とよばれる。答えがなく、コンピュータが教師データ無しでパターンを見つけるような場合は「教師なし学習」とよばれる。

今回紹介する論文では、「動物の移動に学ぶ」機械学習手法を開発した。「強化学習」と呼ばれる機械学習は、アルゴリズムに従って「報酬を最大化する行動」を学習する（たとえば迷路を脱出することが最大の報酬）。この強化学習を使えば、迷路の途中にばらまかれた「報酬」を拾いながら、高得点を得てゴールにたどり着くルートを見つけ出すことができる。動物にも通りたい場所とそうでない場所があり、それらの場所の「報酬」がわかれば、移動ルートを予測することができる。ここで言う「報酬」は、餌場に限ったものでなく、場所に対する好き嫌いの度合いだ。

しかし、自然環境では、何が動物にとって「報酬」なのかよくわからない。たとえば、森林性の鳥にとって、道路はどの程度横切ることを厭わない場所なのだろう？そこで、手本となる行動から報酬を推定する「逆強化学習」という手法を使うことにした。この場合、手本となるのは動物（の移動データ）だ。建物や森林の分布などの地図と、バイオロギングによって得られた動物の移動経路を学習することによって、建物や森林に対する動物の好き・嫌いの程度を推定することができる。たとえば、建築物を避けているようなGPS経路からは、建築物の「報酬値」が低く見積られる。こうして動物にとっての報酬地図が推定できれば、あとはスタートとゴールを地図上で指定するだけで、動物の移動経路を予測できるのだ。

(上) グリッドに分けられた地図の上を、スタート(黄)からゴール(黄緑)まで移動する(t=0,1,2……と時間が進むにつれて位置が変わる)際、2つの経路(紫と赤)



があるとする。ピンクは何らかの「環境」。(下) それぞれの経路から推定された報酬地図。紫の経路から推定された「環境」の報酬値は低い(紫の経路はこの「環境」を避けているように見える)。

本論文ではこの予測手法を、バイオロギングでよく出会う経路欠損問題に用いた。GPS ロガーなどで動物の位置を取得する際、時折データの欠損が生じてしまう。そうした際、記録できた2点同士を直線で結ぶことが多かったが、直線補間では、明らかに通らないような環境を通るような経路になってしまうことがある。例えば、オオミズナギドリの成鳥は繁殖島以外の陸地の上を飛ばないが、直線補間すると、陸上を横切ってしまうことがある。この場合、逆強化学習を使えば、陸地の報酬値が低く見積もられているので、陸上を通らないよう経路の欠損を埋めてくれるのだ。

本手法の応用力は高い。例えば、風や海流などの様々な環境データを入力すれば、回遊や渡りのルート予測に使える。また、環境の好適性を推定できるので、生息地選択のようなテーマにも向いている。本論文を皮切りに、逆強化学習が生態学やバイオロギングで続々と利用されるかもしれない。

T. Hirakawa, T. Yamashita, T. Tamaki, H. Fujiyoshi, Y. Umezu, I. Takeuchi, S. Matsumoto, K. Yoda (2018) Can AI predict animal movements? Filling gaps in animal trajectories using inverse reinforcement learning. *Ecosphere* 9, e02447 (2018)

新しい発見

マゼランペンギンのメスが冬に多くストランディングする謎 ～ バイオロギング手法により明らかになった人為影響リスクの雌雄差 ～

山本 誉士（統計数理研究所）

ペンギンの研究がしたい！と（なんとなく）思って大学院に進学して以降、全くペンギンと縁のなかった研究生活。オオミズナギドリに始まり、熱帯性海鳥の研究に取り組み、極域での野外調査は南極ではなく北極でした（一応、北のペンギンと呼ばれるウミガラスの調査は経験できた）。しかし、苦節 10 年、やっとペンギンの研究に携わることができました。そしてこの度、その内容を論文として発表しましたのでご報告させていただきます。

メ스에偏ったストランディングの謎 南米のアルゼンチンで繁殖するマゼランペンギン *Spheniscus magellanicus* は、冬になると繁殖地から 1000 km 以上も離れたウルグアイやブラジル南部の海域で、毎年数千羽がストランディング（衰弱や怪我、もしくは死んで海岸に漂着）することが、これまで様々なメディアに取り上げられています。ストランディングの原因として最も多いのは重油汚染による衰弱です。その他にも、網や釣糸などの漁具による負傷も報告されており、多くのストランディング個体の胃内容物からはプラスチック片も見つかっています。このようなストランディング現象は 1980 年代から報告されているものの、DNA 分析による性別別から、ストランディング個体はメスの方が多いことが近年になって明らかになりました（メスのストランディング数はオスの約 3 倍）。

マゼランペンギンの繁殖期の行動・生態については、これまで数多く研究されてきました。一方、非繁殖期（4 月～10 月）の移動に関しては、これまで衛星発信機を用いた研究がいくつかおこなわれてきたものの、どれも 5 月頃までしか移動を追跡できておりません（機器の脱落もしくはバッテリー切れのため）。そのため、様々な憶測はあるものの、マゼランペンギンの非繁殖期の行動の詳細、そしてストランディングがメ스에偏る理由についてはこれまでずっと謎のままでした。

マゼランペンギンの非繁殖期の移動を調べる そこで、私は IBIOMAR-CONICET Argentina の研究者らと共に、照度を記録して位置を推定するジオロケータ[※]を用

いて、マゼランペンギンの非繁殖期の移動を明らかにしました。野外調査はアルゼンチンにある Cabo dos Bahías (44°54'S, 65°32'W) で実施しました(写真 1)。2016 年 12 月中旬に 10 ペア(オス 10 羽・メス 10 羽)にジオロケータを装着し、翌年の繁殖期 2017 年 10 月～11 月に 17 羽(オス 9 羽・メス 8 羽)を繁殖地で再捕獲してロガーを回収しました(写真 2)。



写真 1. 調査地の様子。

写真 2. マゼランペンギンの足に装着したジオロケータ。

回収したデータを解析した結果、非繁殖期になるとメスはオスよりも繁殖地から遠く離れた海域まで移動し、本種のストランディングが多く報告されている海域で過ごすことが明らかになりました(図 1)。メスの主要な越冬海域であるアルゼンチン北部からブラジル南部にかけては大きな都市や港が多く、商業船の往来

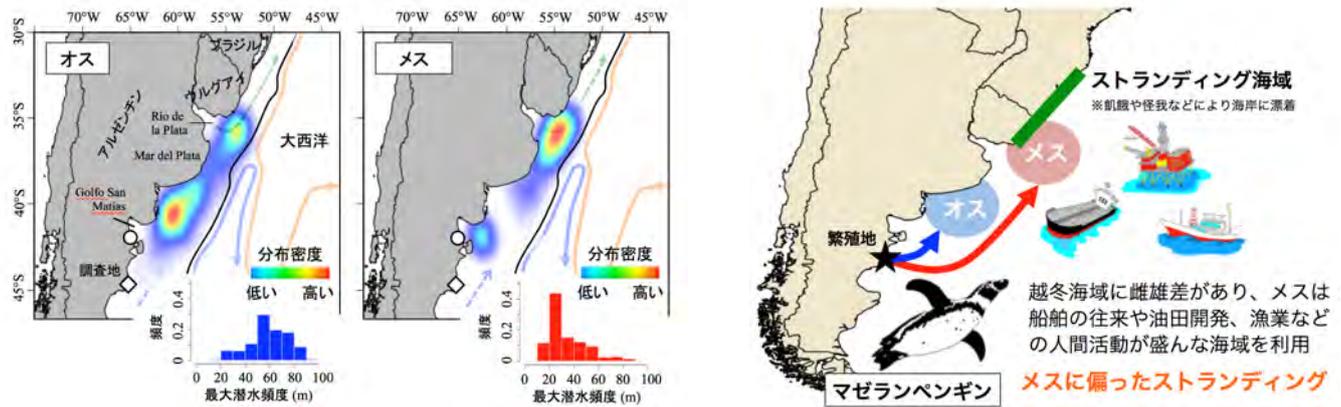


図 1. マゼランペンギンの越冬海域と潜水深度 (図中◇は調査地、○は大西洋側にある本種の繁殖地北限) (左) と概要 (右)。

や油田開発による海洋環境汚染および漁業活動による海洋資源の枯渇や漁網による混獲など、人間活動に伴う海洋生物への影響が危惧されています。そのため、冬にこれらの海域により多く生息するメスは人為的影響を被りやすく、メスに偏ったストランディングに繋がっていることが示唆されました。

行動の雌雄差の理由 越冬海域の雌雄差の理由として、本種のオスとメスで体の大きさが違うことが関係していると考えられます (オスはメスよりも体が大きい)。一般的に、体の大きい個体ほど水中を深く潜ることができます。位置情報に併せてジオロケータに記録された潜水深度データから、実際に越冬期のマゼランペンギンのメスは、オスよりも浅い深度で餌を探っていることが示されました (図 1)。このことから、メスはオスとの餌を巡る競争を避けるため、オスの越冬海域よりもさらに遠くまで北上しているのだと考えられます。また、その他の可能性として、体の小さなメスは水中でより体温を失いやすいため、低緯度の水温の暖かい海域を好んでいるのかもしれませんが。

ストランディングの性差が意味すること マゼランペンギンは一夫一妻で繁殖するため、片方の性別ばかり死亡率が高くなると必然的に繁殖つがい数が少なくなります。そして、繁殖つがい数が少なくなると次世代に残せる雛の数が少なくなり、ひいては個体群や種の存続に影響します。なお、生きたままストランディングし、保護センターで回復を試みた場合でも、約半数の個体は回復できずに死亡することが報告されています。マゼランペンギンは IUCN レッドリストの準絶滅危惧種に記載されており、一部の繁殖地では個体数の減少が報告されています。これまで種の保全に関する

議論や活動では、多くの場合、繁殖期の生息域のみが考慮されています。この点において、本研究の結果は、種や生物多様性の保全において、以下の 2 点の重要性を提唱します：①生物の保全において繁殖期・非繁殖期を含む 1 年を通じた生息域の特定、②空間分布動態の種内差を考慮した保全海域の設定。

実は幼鳥の方がもっと多い マゼランペンギンのストランディングは、成鳥よりも巣立ち幼鳥の方が多いこともわかっています (興味深いことに、巣立ち幼鳥でもストランディングはメスに偏っています)。成鳥と巣立ち巣幼鳥では移動パターンや主要な越冬海域が異なるのかもしれませんが。今後の研究では、一般的に知見の乏しい、巣立ち幼鳥が繁殖地を離れて数年後に帰還するまでの生態を明らかにすることが課題です。

今回の研究で思ったこと バイオロギング研究では、とりあえずデータを解析して面白い結果を発見すること (データ駆動型) が醍醐味の一つでもあります。一方で、良くも悪くもデータが豊富なため、延々と解析に取り組んで結果がまとまらないという呪いもあります。本研究ではサンプル数が 17 羽 (オス 9 羽・メス 8 羽) とかなり少なく、また結果も単純です (越冬海域の雌雄差があった!)。しかし、Current Biology に受理してもらえたのは「Female-biased stranding の謎を明らかにする」ということに焦点を絞ったことに勝因があったと思います。持っているデータから言えること (当該分野におけるデータの位置づけ) を適正に捉える重要性を今回の研究過程から改めて学びました。

※ジオロケータは環境照度を記録し、装着個体が滞在した場所の日長時間と南中時刻から、それぞれ緯度と経度を推定できます。例えば、冬の北海道では午後四時頃には暗くなりますが、沖縄では午後五時頃まで明るく、緯度によって日長時

間が異なります。一方、ジオロケータの内蔵時計はグリニッジ標準時 GMT に設定されており、経度によって南中時刻（正午）が異なります。例えば、ジオロケータを持って日本にいた場合、南中時刻は GMT で午前三時に記録されます。このように、個体が経験した照度記録から位置を推定できます。

Yamamoto T, Yoda K, Blanco SG, Quintana F (2019)
Female-biased stranding in Magellanic penguins.
Current Biology 29: R12–R13.

BBC movie article(BBCが紹介動画を作成してくれました！)
<https://www.bbc.com/news/av/science-environment-46785510/why-more-female-penguins-are-washing-up-dead-in-south-america>



書籍紹介

旅する動物図鑑 3「海の生きもの」

荒井 修亮 (監修), 海の生きもの編集部 (著)
筑摩書房 (2019)

「陸のいきもの」「空のいきもの」に続くシリーズ第三弾は、バイオロギング研究会荒井会長監修、研究会メンバーも多く執筆に参加しています。従来の図鑑と違うのは、移動に焦点をあて、バイオロギングで記録された移動経路に関する知見を数多く掲載している点です。

<http://www.chikumashobo.co.jp/special/animalbooks>



研究の紹介

オオミズナギドリの巣立ち後の移動と生存

奥村真成（名古屋大学大学院 環境学研究科）

みなさま、こんにちは。名古屋大学大学院環境学研究科博士前期課程の奥村真成です。私は2017年と2018年の2年間、新潟県岩船郡粟島浦村でオオミズナギドリの巣立ち後の移動と生存に関する研究を行いました。この場をお借りしまして、修士で行った研究について、一部になりますが、興味深い結果を得られたので紹介させていただきます。

鳥類は渡りを行うことで、季節的に変化する環境の中で、繁殖や自身の生存に有利な環境を継続的に利用することができると考えられています。渡りは、適した環境を求める移動であるものの様々な危険が伴うため、渡り期間は個体群動態に影響する年間生存率にも関わる重要な期間と考えられています (Newton 2006)。Yoda et al. (2017) によって、新潟県岩船郡粟島浦村を巣立つオオミズナギドリ幼鳥は山越えすることが明らかになっています。しかし、この研究では日本列島上の記録点が少なかったため、幼鳥が太平洋へ向かうために本州を縦断したことは明らかになりましたが、陸上でどのようなルートを通ったのかは不明でした。また、幼鳥がどのような成長の過程を経て巣立ったのかは不明であり、栄養状態や体サイズ、性別による渡り成功の決定要因について明らかになっていませんでした。



図1. オオミズナギドリの背中に装着されたGPS-PTT。

そこで、再回収せずに動物の位置情報を取得することができるGPS-PTT(図1)を用いて、新潟県岩船郡粟島浦村から巣立つオオミズナギドリ幼鳥の渡り移動と生存について、以下の3点を明らかにすることを目的としました。「本州上のどのようなルートを通って南下するのか」、「巣立ち後1か月の生存率がどれくらいか」、「渡りに成功する個体と失敗する個体の違いは何か」、雛の成長過程と巣立ち時のボディコンディション、巣立ちする時期の面から検討し、これらを明らかにする

ためにオオミズナギドリ雛の成長を定期的に記録し、渡り行動との関連を調べました。2017年は31個体に装着し、31個体からデータを取得、2018年は、30個体に装着し、29個体からデータを取得できました(図2)。

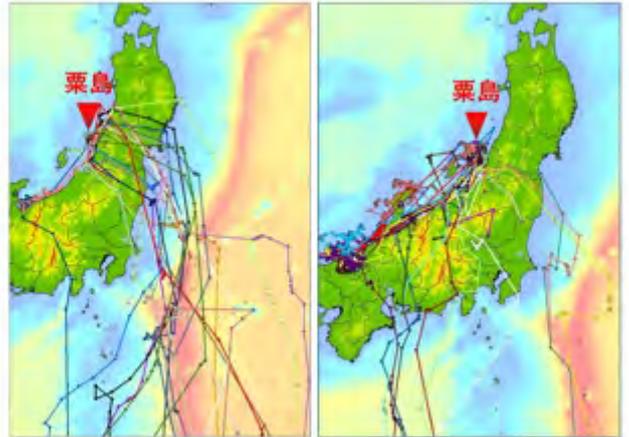


図2. オオミズナギドリの移動経路。各色が1個体分の経路を示す。

その結果、2017年は東北地方を通して山越えしており、2018年は東北地方や中部地方など多様な地方を通して山越えしていました。巣立ち後1か月間の生存率は、2017年は35%、2018年は7%となり、巣立ち後1か月間の生存が難しいことが分かりました。また、一般化線形モデルを作成し、AICを基にモデル選択し、ベストモデルを使い各効果を検証した結果、SMI (Scaled Mass Index、脂肪量の指標) が大きい個体ほど渡りに成功し、生存しやすいことが分かりました。

2年間で、海鳥の巣立ち幼鳥から60個体ものデータを取得できたことは大変貴重な研究例だと思います。この研究をさせていただいた依田教授をはじめ、研究をご支援していただいた依田研究室の皆様と粟島浦村の皆様にお礼申し上げます。

[引用文献]

- Newton I. (2006) Can conditions experienced during migration limit the population levels of birds? *Journal of Ornithology*, 147(2): 146–166.
- Yoda K., Yamamoto T., Suzuki H., Matsumoto S., Müller M., Yamamoto M. (2017b) Compass orientation drives naïve pelagic seabirds to cross mountain ranges. *Current Biology*, 27(21): R1152–R1153.

研究の紹介

老いても羽ばたきを変えないウミネコ

鈴木 宏和 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

みなさま、こんにちは。名古屋大学大学院環境学研究科博士後期課程となった鈴木宏和です。私は青森県八戸市の蕪島ウミネコ繁殖地で、ウミネコの行動を研究しています。この場をお借りしまして、最近、興味深い結果が得られたので一部になりますが紹介させていただきます。

加齢は動物の身体能力の低下といった行動に影響を与える重要な要因です。野生動物の行動の年齢差に関する研究では、老化(身体能力の低下)による差と経験(効率的な採餌行動)による差が分離できずに議論されることがあります。例えば、オニズナギドリ¹の老齢個体は中間齢個体に比べて、活動的ではなく、海面での休憩により長い時間を費やしていました(Catry *et al.* J Ornithol 2011)。移動距離の減少や活動量の低下における年齢差には、身体能力の低下「老化」から生じる活動性の低下と、蓄積された経験から生じる採餌の効率化という2つの解釈があります。私の修士研究でも同様にウミネコの移動において年齢差(老齢個体が内陸の餌場を利用する傾向がある)が見られましたが、その要因についてはよくわかっておりません。そこで、老化と経験という入り混じる事象を解するため、飛び立つ時の海鳥の羽ばたきに注目しました。離陸(離水も含む)は鳥にとって大きな負担となるため、老化によって羽ばたき能力が低下していれば年齢差が現れるのではないかと考えました。

そこで年齢のわかるウミネコに対して、GPS 加速度ロガーを装着・回収し(図1)、鳥の離陸時の羽ばたきと年齢の間にどのような関係が見られるのかを調べました。また羽ばたきはその時の風況に影響を受けるため、解析対象として、これまでの解析のように繁殖地を離れてからのトリップ中の羽ばたきに加えて、風況データを利用できる繁殖地周囲での羽ばたきを対象としました。



図1. ウミネコの背中に装着されたGPS加速度ロガー。赤矢印が加速度のX軸、緑矢印がY軸、青矢印がZ軸を示す。

2017年に青森県八戸市蕪島で繁殖する23個体のウミネコ成鳥にGPS加速度ロガーであるAxy-trek(TechnoSmart)を装着し、合計18個体からロガーを回収しました。そのうち11~24歳までの個体から661回の採餌トリップ中の離陸、603回の繁殖地周囲の離陸を得ました(図2)。

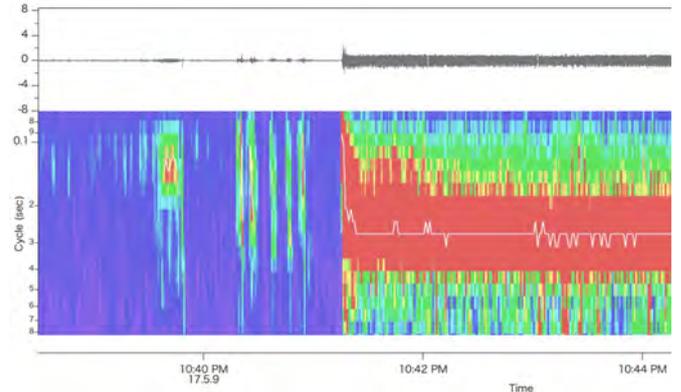


図2. Z軸の動的加速度とスペクトログラム、赤帯の中央あたりに見える白線を羽ばたき周期として抽出した。抽出にはEthographer(Sakamoto *et al.* PLOS ONE 2009)を使用した。

その結果、ウミネコの羽ばたきはトリップ中において、陸上および水上、離陸時($t \leq 5$ sec)で、年齢や羽ばたきに影響しそうな翼長との有意な関係は見られませんでした。

離陸時の羽ばたきに年齢差は見られなかったことから、羽ばたき能力の著しい老化は起きていないと考えられます。そのため、ウミネコの移動の年齢差は、経験に由来する、つまり陸上の効率的な餌場を覚えたために起きたという可能性が少し高くなりました。

また、繁殖地周囲でのウミネコの羽ばたきは年齢や翼長との関係が見られませんでした。追い風(風速を進行方向に換算した風速)が強くと吹くほど離陸時に羽ばたき周期が低下することが分かりました。追い風の時には羽ばたき周期を低下や、つまり、より頻繁に羽ばたくようになったということは、飛行に必要な揚力を得るために起きたと考えられます。揚力を得るには、空気との相対速度が重要となりますが、追い風の時には相対速度が小さくなります。そのため、十分な揚力が得られる速度まで加速をするために、より頻繁に羽ばたいていたと考えられます。



図 3. 異なる風況に対応するウミネコ。速度が足りない分、羽ばたきで加速すると考えられる。

今年も蕪島がウミネコで賑わう季節がやってきました。今年も 2015 年末に焼失した蕪島神社の本殿再建も残るは内装だけとなり、神社があった頃の蕪島に戻りつつある、そんな環境で繁殖するウミネコを観察できます。今の蕪島にどのくらいウミネコがいるか知りたい方は、八戸テレビのライブカメラで確認できますので、もしよろしければ覗いてみてください。調査シーズンになれば毎日、繁殖地内で動く青色の点も一緒に観察できると思います。それではまた来年の春に、新たに見つけるだろうウミネコの行動の真実とともに、お会いしましょう。

書籍紹介

島の鳥類学 南西諸島の鳥をめぐる自然史

水田拓・高木昌興（共編）
海游舎（2019）

28 人の執筆者が鳥を材料にして行った研究を紹介する本です。系統、分布、生態、行動、保全などの幅広いトピックが扱われており、南西諸島の鳥を扱ったものではありませんが、「鳥類学の現在」を知ることができます。もちろん、バイオロギングについての章もあり、カツオドリの採餌行動について書かれています。



<https://kaiyusha.wordpress.com/>島の鳥類学—南西諸島の鳥をめぐる自然史—/

研究の紹介

無線型神経ロガーで海鳥の頭の中を観察する

本部 拓末（名古屋大学大学院環境学研究科）

みさなま、はじめまして。名古屋大学大学院環境学研究科の本部拓末です。今年から新潟県粟島のフィールドに入った若輩ではありますが、今年度行った神経ロガーを用いたバイオロギング手法について簡単に紹介させていただきます。

現在まで海鳥が採餌や渡りの長距離移動後、巣まで帰ってくるのにナビゲーション能力を用いていることが示唆されています。また採餌など移動ルートはGPSロガーによって判明してきた一方で、内的なメカニズムとして実際にどのように神経細胞が働いてナビゲーション能力を用いているかは分かっていません。（判明したのは哺乳類のモデル生物ばかり！）そこで本研究では新潟県粟島でオオミズナギドリの雛（成鳥につけるには耐久力に難あり）に電極と神経ロガーを装着し、その神経活動の計測を行いました。

さてここまで読んでいただくと先号のBLS会報でも神経の話を読んだ記憶のある方もいらっしゃるかと思います。その先号の記事を書かれた認知行動を専門とする高橋晋先生（同志社大学 教授）と共にこの研究を行っています。粟島のフィールドに入る前にも、手術を行うため、高橋先生の下に弟子入り修行させていただき手術技術を学びました。



写真1. 推定40日齢のオオミズナギドリの雛。

対象となるのはもう少し育ってから・・・

粟島に入ってからまず最初に行った実験準備は、拠点である開発センター(として使われていた旧公民館のような建物で、我々の宿舎)で実験をするために、室内実験の方からは驚かれそうな実験設備ですが、実験用に2つの長机とビニールシートを並べるだけの簡単な模様替えを行いました。10月頃にある程度成長した雛を捕獲し、電極留置実験を開始しました。実験では電極と無線の神経ロガーを装着した雛を子供用の円形プール内で歩かせ、神経記録とその際の移動経路を同期記録しました。その神経細胞の記録から、雛のナビゲーション能力が近いうちに判明するやもしれません！（解析中！）また、10月中はメンバー全員実験時以外には雛と開発センターで過ごすことになりました！



写真2. 雛を歩かせる調査地（展望台の駐車場）

電線も電灯も何もないのでノイズも入りにくい

この神経ロガーによるバイオロギング手法を用いることで行動時の神経細胞の個々の活動を観察することが出来るうえに、無線であり小型軽量化が進んでいるため自然な行動時の記録が出来るようになってきました。このままロガーの改良が進んでいけば、データを取れる対象種も取得時間も増加し、大海原を飛行中の海鳥の神経活動をとれる日も遠くないかもしれません。

粟島のオオミズナギドリ調査

松本 祥子（名古屋大学大学院環境学研究科）

こんにちは。名古屋大学大学院環境学研究科・依田研究室の博士後期課程の松本祥子です。私は長崎大学水産学部・河邊研究室の4年生だった時にオオミズナギドリの研究を始めてから毎年、新潟県・粟島（あわしま）のオオミズナギドリ繁殖地を訪れています。修士2年以降に調査地を粟島にしてからは滞在期間も長くなり、滞在日数の合計は1年をゆうに超えました。今回はその粟島について紹介します。

粟島は新潟県の最北端に位置する村上市から20km沖の日本海に浮かぶ周囲23kmの離島で、約370人が暮らす粟島浦村というひとつの村です。この島は約8万羽のオオミズナギドリが繁殖し、オオミズナギドリの繁殖地では数少ない有人島のひとつです。島の西側の丸山および立島周辺は1972年に「粟島のオオミズナギドリおよびウミウ繁殖地」として国の天然記念物に指定されています。

粟島で繁殖するオオミズナギドリ（写真1）は島の西海岸（写真2）の土の斜面に長さが数十cmから1-2mの横穴を掘って巣穴をつくります。一夫一妻で1羽の雛を育てます。基本的には毎年同じペアで同じ巣穴で繁殖します。6月下旬に産んだ卵は8月中旬のお盆の頃に孵化し（写真3）、両親の給餌を受けて雛は10月末から11月初めに巣立ちを迎えます。

当研究室のオオミズナギドリ調査チームは、毎年8月中旬から11月中旬に粟島に滞在し、様々なデータロガーを用いた行動観察、生理実験、繁殖状況や雛の成長モニタリングなどの生態調査を行っています。その中でも私は育雛期のオオミズナギドリの親鳥が採餌トリップの間にごくを移動していたか調べています。オオミズナギドリは雛が孵化して数日経つと両親ともに海に採餌に出かけ、日没後に巣穴に戻り雛に給餌すると日の出前には海へ飛び立ちます。そのため調査は夜8時から始まります。給餌のために帰巢した親鳥を手で捕獲してGPSデータロガーを素早く背中に装着して巣穴に戻し、およそ2週間後に再び捕獲してデータロガーを回収します。



写真1. オオミズナギドリの成鳥。



写真2. 観光船から見た調査地。



写真3. オオミズナギドリの雛。

粟島のオオミズナギドリは多くは島周辺の約 50km 内で採餌し、出発した日と同じ日の夜に戻る 1 日トリップを行います。しばしば数日から 10 日間もトリップをすることがあります。これまでの調査により最も遠くに行った時は繁殖地を出発してから日本海を北上して津軽海峡を通過して太平洋に出て色丹島の手前の海域を訪れていました。このトリップは 9 日間にわたり、繁殖地から約 950km 離れた海域に到達し、累計の飛行距離は 3,100km に達していました。親は長いトリップに出かけてしまうと 1 週間以上も繁殖地に戻らないことがあります。帰巢したかどうか毎晩 2、3 回調査地内を見回るもののなかなか回収できない時は、繁殖地から聞こえてくる鳴き声の多い少ないで回収のチャンスを察して毎日一喜一憂し、もう戻ってこないのではないかと心配になります。それでも無事にデータロガーを回収できた時は感慨もひとしおで、ロガーからデータをダウンロードする時が調査中で最も緊張する瞬間ですが無事にデータが得られた時は安堵し苦勞が報われた気がします。

島に滞在している間は、西側の釜谷集落の旧公民館建物を拠点にして共同生活をしています。集落を歩いていると島のお年寄りにサバドリ（オオミズナギドリの粟島の地方名）の雛は大きくなったか、もうすぐ巣立つのかなどと声をかけてもらったり、地元の小中学校の生徒さんが調査地に雛計測の様子の観察に来たりすることもあります。粟島暮らしが長くなると島のイベントにも参加しました。秋の村民大運動会ではリレーを走り（若者は重宝されます）、10 月下旬の内浦地区の八所神社祭礼は参加しやすく島民の方と交流できるので毎年楽しみにしています（写真 4）。このお祭りでは樽神輿を担いで半日かけて集落を練り歩き一周しますが、その間に神輿を引き止めよう行かせまいと大きく神輿を上下に揺さぶったり、綱引きのように引っ張り合ったりして面白く見応えがあります。集落内の各休憩所では出し物が披露されたり、日本酒や食べ物が出る舞われ粟島の味覚が堪能できたりします。

祭りも終わり 11 月に入ると日本海は時化の日が多く、強風が吹きほとんど毎日白波が立ちます。波が高い日には集落の目の前の防波堤に波がかかり滝のような有り様です。季節もいよいよ冬を目前にして、調査地は生き物気配がほとんどなく夏の頃の騒がしさが嘘のように静まり返ります。調査地の雛の巣立ちを見届

けてから私たちもようやく約 3 ヶ月間の調査を終えて島を離れます。

私はこの春に研究室を離れることになりましたが、これからも粟島を訪れてできるかぎり粟島のオオミズナギドリに関わり続けられたらと思います。彼らとまた再会できる日が楽しみです。



写真 4. 祭りの様子.

研究の紹介

“親の愛”？ 繁殖ステージに合わせて行動を変えるウミネコ

鶴谷未知 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

みなさま、はじめまして。名古屋大学大学院環境学研究科博士前期課程の鶴谷未知です。私は青森県八戸市の蕪島ウミネコ繁殖地で、ウミネコの行動を修士課程で研究しました。修士で行った研究について、興味深い結果を得られたので簡単になりますが紹介させていただきます。

多くの動物は一年の中で繁殖期を持ち、その中で様々な環境や状況の変化を経験します。動物はそういった変化に対応しながら繁殖を成功させるために活動し、その活動のために必要なエネルギーを、最適な効率で獲得しようとします。鳥類にとっての最も大きな変化は、卵を温める抱卵期から、卵から孵った雛を育てる育雛期への変遷だと考えられ、それに伴って親鳥はより多くの餌を採るようになります。ところが、採餌による負担が増えすぎると、親鳥の生存に影響が出てしまいます。繁殖期のこのような必要餌量の変化にうまく対応する個体は自身の生存と繁殖成功を両立できると考えられ、特に、長寿命で生涯に何度も繁殖を行う海鳥類においては、自身の生存ひいては将来の繁殖に影響を与えないように採餌にかかる労力をうまく調節していると予想できます。このような海鳥の繁殖に関わる採餌行動の研究において、繁殖期を通した長期間に渡る採餌移動の個体内変化を比較した研究例は多くありません。



図 1. ウミネコの背中に装着されたハーネス (2018 年版). 改良を重ねた後の脱落率は 0% でした！.

そこで、カモメ類の一種で海と陸の両方を餌場として利用する沿岸性の海鳥のウミネコに注目しました。海では主にカタクチイワシ、陸では水田に生息する水

生昆虫、漁港や魚市場で得られる魚類、食品加工場に由来するちくわや鶏肉を利用することが過去の研究により明らかになっています (Yoda et al. 2012)。青森県八戸市蕪島で繁殖する本種はこのように多様かつ人間の活動に由来する安定した餌獲得が見込める特定の餌場を利用するため、採餌行動の変化を発見しやすいと考えられます。これらウミネコ親鳥に対し、GPS データロガーを装着し、彼らが繁殖ステージに応じて採餌行動をどのように変化させるのかを調べました。

なお、抱卵期から育雛期への繁殖ステージの切り替わりを含むような長期間の装着を実現するため、ハーネスを作製してウミネコに背負わせました (図 1)。2017 年は 10 個体、2018 年は 20 個体のウミネコにハーネスを装着し、試行錯誤の結果、ハーネスの紐の先端と結び目の部分を頑丈に処理すれば、安定して長期間取り付けられることが示されました。それと同時に、装着物の重量が彼らの飛行能力を左右していることが示唆され、軽量のハーネスを用いる必要があることがわかりました。その軽量のハーネスを用いて取り付けられた 20 個体のうち、10 個体から GPS データロガーを回収しました。そのうち 8 個体から、抱卵期から育雛期にかけて、最長で 26 日間の連続した位置情報を取得でき (図 2)、281 回の採餌トリップを得ました。

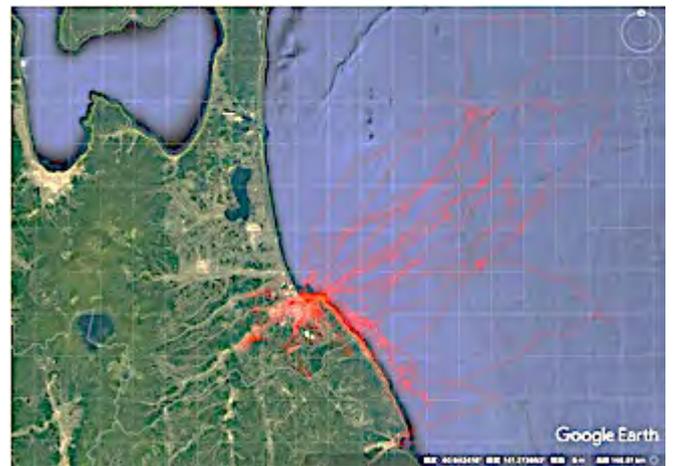


図 2. ウミネコ 1 個体分の移動経路. (F60 メス)

その結果、ウミネコは育雛期になる、すなわち雛の出現によって、1 回のトリップに費やす時間を減らして 1 日のトリップ回数を増加させること、内陸部の利用割合を増加させること、そして雛の日齢が増すにつれてトリップの時間と距離を増加させることがわかりました。これらの変化は、雛の誕生によって必要餌量が増え、

雛への給餌間隔が短い方が成育に有利なことから (e.g. Bukacińska et al. 1996)、海よりも近い内陸部の餌場を選択するようになり、短時間のトリップを頻繁に行うようになったと考えられます。そして、雛の成長につれて必要餌量が増加すると、親鳥はトリップ頻度を増やすという採餌努力を次第に増やしていくことでそれに対応しているのだと考えられます。

今回、雛を効率よく育て上げるため、つまり繁殖を成功させるために、(これが果たして我が子を思う“愛”なのかはわかりませんが) ウミネコ親鳥が採餌に一層力を注ぐことを知ることができました。しかし、親鳥の多くがなぜ抱卵期から内陸部を積極的に利用しないのかはわかっていません。餌資源量の季節的な変動か、利用のしやすさによる競争か、はたまた餌の栄養価の問題か、考えられる要因は様々です。今後、彼らの利用する餌や餌場の状況の変化について詳しく調べることで、この謎を解明できるかもしれません。

これらの結果は研究集会等で様々な疑問提起をしていただきました。多くの皆様に支えられながら研究を行ない、その内容が興味を持ってもらえる、ありがたい限りだと感じています。青森県八戸市蕪島での調査のみならず、修士では大変貴重な経験をたくさん行なって来ました。今後の人生、毎年また蕪島にウミネコがやって来る時期になると、この楽しかった日々を思い出すことでしょう。

[引用文献]

- Bukacińska M, Bukaciński D, Spaans AL (1996) Attendance and diet in relation to breeding success in Herring Gulls (*Larus argentatus*). *The Auk*, 113(2): 300-309
- Yoda K, Tomita N, Mizutani Y, Narita A, Niizuma Y (2012) Spatio-temporal responses of black-tailed gulls to natural and anthropogenic food resources. *Marine Ecology Progress Series*, 466:249-259



学会参加報告

第 66 回日本生態学会

本部 拓末 (名古屋大学大学院環境学研究科)

3月15日～19日に神戸の国際会議場で開催された第66回日本生態学会大会に参加し、ポスター発表を行

いました。開催された場所は、ある種陸の孤島のポートアイランドで、同時にいくつかの催し物(コンサート、大学の卒業式、ペット用フリーマーケット…)が行われており、我々学会員と大変込み合っていました。また、この学会ではあらゆる生態学分野の方が参加しており、口頭発表、ポスター発表の他にも18題のシンポジウムや、32題もの自由集會が行われました。

私はその中で生態学若手の集いの方々が企画された自由集會に参加しました。生態学の中で分野・領域にとらわれず、自身の研究の紹介能力を向上させるための参加型のグループトーク・発表企画が行われました。今回は特に「イントロダクション」をテーマに若手研究者が中心となって、自身の研究の魅せ方を互いに参加者の発表から学びました。このような形で若手研究者同士の交流が活性化し、分野全体が盛り上がっていくのが大変楽しみです。また機会があれば私も演者として参加してみたいと思います。

またシンポジウムは生物移動情報学、バイオロギングによる生物移動に関する先端研究の演題を聴講しました。生態学的手法以外にも、神経科学・情報学的手法を用いた生物ナビゲーション研究とその未来についての講演を聴き、今後も技術の発展に従い、新たに様々なことが判明するのではないかとワクワクしており、今後私もそこに貢献することが出来るよう尽力したいと思います。



シンポジウム講演の様子

学会参加報告

新学術領域ワークショップ BiRD に参加して

小山 俣歩（名古屋大学大学院 環境学研究科）

はじめまして。名古屋大学修士 1 年の小山俣歩です。私は新潟県粟島に生息するオオミズナギドリを対象に、採餌行動と生理的なコストである酸化ストレスの関係に着目した研究を行なっています。

3 月 11～15 日に京都で開催された第 17 回国際シンポジウム PerCom に、3 月 11 日に併設されたワークショップ BiRD に参加いたしましたので、ご報告させていただきます。

PerCom は「IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications」という名前のユビキタス領域に関わるコンピューターサイエンスのトップ会議です（情報系ではこうした会議で発表することが重要な業績となるそうです）。その中で開かれた BiRD は「Behavior analysis and Recognition for knowledge Discovery」という、新学術領域「生物ナビゲーションのシステム科学」開催のワークショップです。BiRD は、工学・情報科学分野と、生物学・神経科学分野それぞれの研究者が可能な分析手法や行動データ、解析における問題点に関する情報を共有・議論し、最終的には共同研究につなげるという目的で開催されました。

ワークショップでは、工学・情報科学技術を用いた行動分析手法に関する口頭発表が 7 件、生物の行動データの紹介および既存技術による分析での問題点に関するポスター発表が 8 件行われました。口頭発表では、ヒトや線虫、キイロショウジョウバエなどの様々な行動データを対象に、情報科学分野で使用されている手法を用いた解析についての紹介がされていました。情報科学に詳しくない私にとっては馴染みないものが殆どでしたが、情報科学の手法が少しは理解できたように思います。

私も参加、発表したポスターセッションでは、情報分野の皆さんとの議論を通じて、今後の解析に役立つアイデアを得ることができました。異分野の方に自分の研究内容を分かりやすく説明することは簡単ではありませんでしたが、自分や相手が持つ知識の溝を埋めつつも、お互いが違う視点から 1 つのデータについて議論できたことは、大変貴重な経験となりました。また、Best Student Poster Award を、同研究室の鈴木宏和さんと有難いことに私もいただきました。今回のワークショップで得たものを、今後の研究にも役立てていこうと思います。



図 1. ワークショップ BiRD の様子



図 2. 学生ポスター賞を受賞した鈴木さん(左)と筆者(右)。



図 3. 13 日に行われた PerCom の Banquet では、舞妓さん、芸妓さんの舞台や能を鑑賞しました。

「生物移動およびそれに伴う生態現象とその研究手法の整理」

研究集会

水谷友一（名古屋大学大学院環境学研究科）

名古屋大学大学院環境学研究科 依田研究室のポスドク研究員の水谷友一です。2018年12月22日のこととなりますが、「生物移動及びそれに伴う生態現象とその研究手法の整理」という研究集会がありました。この研究集会は宇野裕美先生（京大）&佐藤拓哉先生（神戸大）の企画で「生物の移動とそれが生態系に与える影響についての多様な研究を紹介し、それらの事例を生物の機能群や時間・空間軸、個体群内の移動割合などに沿って整理したい。さらに、最先端の生物移動の研究手法を紹介し比較することによって、それぞれの手法の強みと弱みを整理し、研究対象や場面に応じた手法の使い分けについて議論する」という目的のもとに開かれました。生物の移動に伴う現象と研究手法について、3名の基調講演と10名以上の方御自身のメインテーマである（にしたい）研究をお話しされました。多方面の方々からの研究紹介が半日で聞けるお得な日と思い、京大まで拝聴してきました。

まず初め、龍谷大の田辺晶史先生によるDNA分析による移動分散の推定法として、ジェノタイプングデータ習得方法の紹介からジェノタイプデータに基づく移住率の推定、流行りの環境DNAからジェノタイプデータはどのようにすれば得られるか、といった夢膨らむ今後の研究想までお話しいただきました。続いて、名古屋大学の依田憲先生による主に海鳥バイオロギングで蓄積した動物の移動の研究最前線。自分の目で直接見ることから始まった動物行動学においてバイオロギング研究は、誤解を受けたこともあったが根幹は同じ。Technology-drivenと言われても、技術がないと知りたいことも知れない。逆に、技術が発想の起点になることもある。Data-driven生態学は21世紀の自然科学と言える。ただし、従来観察手法も重要で、バイオロギングはそれを少し補強するだけであり思想は同じ。「見て歩くほかない。いくら考えても絶対にわからない」。受け売りばかりで、方々へ申し訳ないですが、研究自体に込める哲学的な思いを感じる講演でした。3人目は、総合地球環境学研究所の陀安一郎先生による同位体を用いた生物の移動評価についての講演でした。植物・動物の同化過程と分解についての復習と現在の同位体研究は同位体以外の手法とのコラボレーション期ということで、それら研究紹介をしていただきまし

た。

本当は、もっとつらつらと続く発表者の方々の講演にも触れていきたいところなのですが、長いメモ帳の貼り付けになりそうなので、一部かいつまんで述べたいと思います。魚類の遺伝的な多様性基盤を基にした分散や季節性大移動の推定や、気候変動と生物分布変化を推定するモデルとその適応例、個体数の空間分布の変化から生物の移動しやすい環境を推定する、個体群動態の推定のための状態空間モデル研究。ドローンを利用した特定外来種の越冬場所探索や超音波テレメトリによるエゾアワビの移動追跡等々。。。。まだまだ多様な移動と生態現象と多彩な研究手法の紹介がありました。どれか興味を持った研究への検索キーワードになればと思い、わずかですが羅列し、したためました。

いずれの研究者も、手段を目的にしていないと、何を知りたいがために何がしたいかを考えておられると、改めて感じました。その上で、自分の研究に足りない技術や知識を求め、求めるだけでなく自身も提供しておられました。自分の分野ならよく知っているが他分野では単語もわからない。そんなお互いでも知らないことを恐れずに、(知らない事・言葉はお互い様)よく話し、目的を明示して共有することが何より大事と勉強になりました。

この研究集会では、「本研究集会で議論、整理した内容は後日とりまとめ、レビュー論文として国際誌に発表することを目指す。」という大変素晴らしい目標を掲げられておりました。私自身も研究会に参加した方と「このセミナーで出てたお話、月1くらいで考える日をとりたいところだなあ」と話していたくらい熱をもらった研究会でした。

編集後記

年度末の学会シーズンです。京都の国際会議→神戸の生態学会→千葉の研究会と休みのない学生も。大変ではありますが、経験を積むたびに明らかにレベルアップしていく学生を見ると、嬉しい限りです。成長曲線的环境収容力に漸近しているミドルエイジの皆さんも、納得のいく研究を残せるよう頑張りましょう。【KY】

事務局より

総会のご案内と委任状提出の御願い



第 15 回(平成 30 年度)日本バイオロギング研究会総会のお知らせ

拝啓 早春の候、会員の皆様においてはますますご健勝の御事とお喜び申し上げます。さて下記により第 15 回バイオロギング研究会総会を下記の日時に開催する運びとなりました。つきましては、ご欠席の場合は委任状を **3月27日(水) 必着**で下記のメールアドレスへ提出をお願い致します。

(宛先: biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp)

*メールリストに返信しないように気をつけて下さい。

敬具

平成 30 年度 2 月 21 日 日本バイオロギング研究会

会長 荒井修亮

日時 平成 30 年度 3 月 28 日(木) 12:00~13:00

場所 東京海洋大学内会議室(2号館 2階 200A2 カンファレンスルーム)

委任状提出用フォーマット

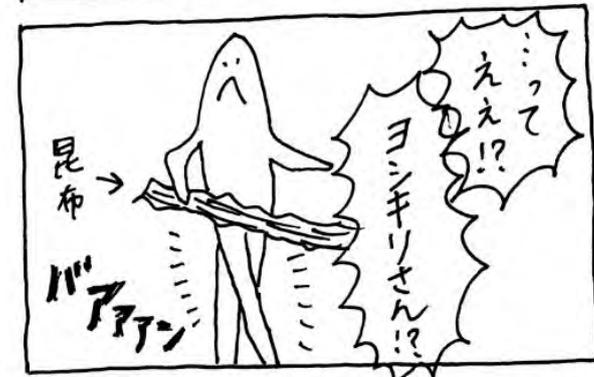
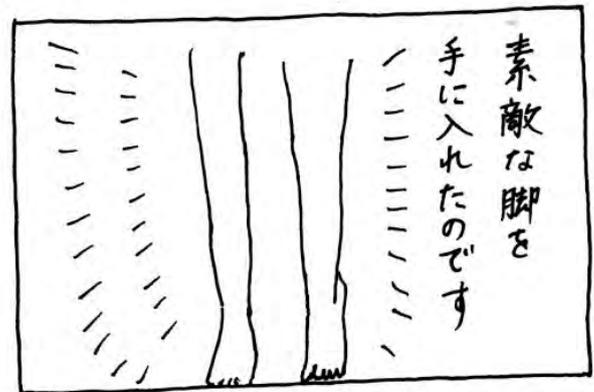
私(正会員・学生会員・賛助会員 氏名)

は表記総会に欠席致します。

都合により総会を欠席いたしますので、議決は全て議長に一任いたします。

平成 31 年 月 日

自由記載欄(研究会へのご意見・ご希望などを自由にご記入ください)



【S.K.】