

階層的生物ナビ学

「サイバー・フィジカル空間を融合した階層的生物ナビゲーション」



CyNav

Hierarchical Bio-Navigation
Integrating Cyber-Physical Space

文部科学省 令和3年度
科学研究費助成事業 学術変革領域研究(A)
ニュースレター VOL.4
2023年9月

目次

領域代表からのメッセージ	p.3
研究成果紹介	p.5
「プラスチック汚染に晒される海鳥」 依田憲	
「コオロギは運動中に襲われると一時停止する」 小川宏人 (飛龍班)	
若手向け企画報告	p.11
4月 D1 岡村太路 (依田班), 5月 M2 長谷川勘太 (飛龍班)	
7月 志垣俊介 (公募・志垣班)	
領域イベント報告	p.15
「BIRD2023 および OPENPACK CHALLENGE 2022@PERCOM2023」 前川卓也	
「国際ワークショップ (BIRD2023) に参加しました」 M2 源田祥子 (飛龍班)	
「領域会議(6/12,13)に参加しました」 D5 松原伸明 (公募・佐倉班)	
国際研究活動報告	p.20
「国際哺乳類学会(IMC-13)への参加報告」 M2 村山夏紀 (公募・森阪班)	
弟子入り体験記	p.23
「A01 公募班 (田中)から A02 橋本班へ」 M2 山ノ内勇斗 (公募・田中班)	

ニュースレター第4号

領域代表からのメッセージ



領域代表 橋本 浩一

東北大学・大学院情報科学研究科・教授

令和3年(2021年)「学術変革領域研究(A)」研究領域として【サイバー・フィジカル空間を融合した階層的生物ナビゲーション(略称:階層的生物ナビ学)】が採択され、2年半が経ちました。

2023年6月に第2期の公募が始まりました。9月に締め切りの予定ですので、ふるってご応募ください。公募の詳細は『階層ナビ』ホームページ <https://bio-navigation.jp/reports/detail--id-121.html> をご参照ください。

2023年6月には、この領域が発足してから初めての対面での領域会議を開催しました。お互いの進捗状況やニーズ・シーズを直接に話し合うことができ、たいへん意義深い会合になったと思います。2022年6月に公募班16チームが加わり、フィジカル研究の対象が広がり、サイバーフィジカル手法の厚みが増しました。チーム連携を強化して、計画班・公募班双方から積極的にアプローチして共同研究を推進しています。いくつかの興味深い成果が生まれていることを確認することができました。さらなるコラボ研究の発展に期待しています。

3月にはアトランタで開催される国際会議 PerCom 2023 に併設する形で、国際ワークショップ・コンペ発表会を開催しました(2nd International Workshop on Behavior analysis and Recognition for knowledge Discovery (BiRD 2023))。多数の参加者があり、意欲的なコンペ課題と工夫に満ちた応募により盛り上がりました。(<https://open-pack.github.io/challenge2022/>)

毎月の勉強会(オンライン)も会を重ね、8月時点で合計17回を数えます。テーマに工夫を凝らして、多くの領域メンバー・学生さんが参加する定例会議になっています。領域HPのセミナーのページをご覧ください。

さて、今後の予定ですが、2023年10月には自動制御連合講演会@仙台においてOSを実施します。また、2024年3月には領域主催の国際シンポジウムを東大にて開催します。(<https://bio-navigation.jp/navisympo2024/>)ぜひ、ご参加いただいで、領域に関連する研究成果に注目していただければ幸いです。

一方、前川さん（阪大）が令和5年度科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞（研究部門）を受賞、牧野班野田さん（南山大）が令和4年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞受賞、藤井さん（名大）が名古屋大学赤崎賞受賞など、うれしい知らせも届いています。

新しい研究分野に取り組んで、コラボしながら研究範囲、研究手法の拡大・深化を目指して、一緒に階層ナビの研究を実施できることを楽しみにしています。



2023年6月12～13日 領域会議@東北大学

研究成果紹介:

プラスチック汚染に晒される海鳥



依田 憲

名古屋大学大学院環境学研究科・教授

洋汚染に晒されている種や活動域、時期を特定する必要があります。

そこで本研究では、世界中の海鳥研究者が結集し（著者 200 名以上！）、77 種、7137 羽から得られたバイオロギングデータと、海洋プラスチックの分布データを用いて、リスクマップを作成しました。これにより、海鳥類は地中海や北西太平洋などでプラスチックリスクが高いことがわかりました。また、いくつかの絶滅の危機に瀕している種が高いリスクに晒されていることもわかりました。今後は、この結果を用いて、国際的な協力を行いながら保全活動を行う必要があります。

このように、野生動物の移動データやその解析は、保全のために欠かせないものになっています。生物多様性の観点から特に重要な海域を生態学的・生物学的重要海域として特定する試みも進んでおり、本領域の研究活動で得られた移動データも貢献しています。



図 1 本論文にも参加した種、オオミズナギドリ（撮影：後藤佑介准教授・名古屋大学）

我々はバイオロギングを使って海洋の鳥類や哺乳類の移動データを取得し、解析しています。これらの動物は、残留性有機汚染物質（POPs）を高い濃度で蓄積していたり、マイクロプラスチックを飲み込んだりと、人為起源の海洋汚染の影響を様々な形で受けています。海洋動物の保護のためには、生理学・病理学的研究も重要ですが、どの地区の動物が海洋汚染の影響を特に受けているのか、行動的な研究も重要です。特に海鳥類は絶滅の危機に瀕している種も多いため、海

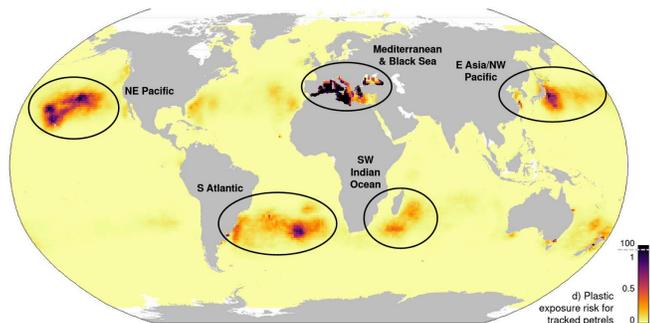


図 2 海鳥から得られた位置データと、海洋プラスチックの分布を用いて得られたリスクマップ。色の濃い地点ほど、海鳥たちがプラスチック被害に合う可能性が高い。Clark et al. (2023)を一部改変。

論文情報

B. L. Clark*, A. P. B. Carneiro*, E. J. Pearmain*, M.-M. Rouyer, T. A. Clay, W. Cowger, R. A. Phillips, A. Manica, C. Hazin, M. Eriksen, J. González-Solís, J. Adams, Y. V. Albores-Barajas, J. Alfaro-Shigueto, M. S. Alho, D. T. Araujo, J. M. Arcos, J. P. Y. Arnould, N. J. P. Barbosa, C. Barbraud, A. M. Beard, J. Beck, E. A. Bell, D. G. Bennet, M. Berlincourt, M. Biscoito, O. K. Bjørnstad, M. Bolton, K. A. Booth Jones, J. J. Borg, K. Bourgeois, V. Bretagnolle, J. Bried, J. V. Briskie, M. de L. Brooke, K. C. Brownlie, L. Bugoni, L. Calabrese, L. Campioni, M. J. Carey, R. D. Carle, N. Carlile, A. R. Carreiro, P. Catry, T. Catry, J. G. Cecere, F. R. Ceia, Y. Cherel, C.-Y. Choi, M. Cianchetti-Benedetti, R. H. Clarke, J. B. Cleeland, V. Colodro, B. C. Congdon, J. Danielsen, F. De Pascalis, Z. Deakin, N. Dehnhard, G. Dell'Omo, K. Delord, S. Descamps, B. J. Dilley, H. A. Dinis, J. Dubos, B. J. Dunphy, L. M. Emmerson, A. I. Fagundes, A. L. Fayet, J. J. Felis, J. H. Fischer, A. N. D. Freeman, A. Fromant, G. Gaibani, D. García, C. Gjerdrum, I. Soeli

Gonçalves Correia Gomes, M. G. Forero, J. P. Granadeiro, W. J. Grecian, D. Grémillet, T. Guilford, G. T. Hallgrimsson, L. R. Halpin, E. S. Hansen, A. Hedd, M. Helberg, H. H. Helgason, L. M. Henry, Hannah F. R. Hereward, M. Hernandez-Montero, M. A. Hindell, P. J. Hodum, S. Imperio, A. Jaeger, M. Jessopp, P. G. R. Jodice, C. G. Jones, C. W. Jones, J. E. Jónsson, A. Kane, S. Kapelj, Y. Kim, H. Kirk, Y. Kolbeinsson, P. L. Kraemer, L. Krüger, P. Lago, T. J. Landers, J. L. Lavers, M. Le Corre, A. Leal, M. Louzao, J. Madeiros, M. Magalhães, M. L. Mallory, J. F. Masello, B. Massa, S. Matsumoto, F. McDuire, L. McFarlane Tranquilla, F. Medrano, B. J. Metzger, T. Militão, W. A. Montevecchi, R. C. Montone, L. Navarro-Herrero, V. C. Neves, D. G. Nicholls, M. A. C. Nicoll, K. Norris, S. Opper, D. Oro, E. Owen, O. Padget, V. H. Paiva, D. Pala, J. M. Pereira, C. Péron, M. V. Petry, A. de Pina, A. T. Moreira Pina, P. Pinet, P. A. Pistorius, I. L. Pollet, B. J. Porter, T. A. Poupart, C. D. L. Powell, C. B. Proaño, J. Pujol-Casado, P. Quillfeldt, J. L. Quinn, A. F. Raine, H. Raine, I. Ramírez, J. A. Ramos, R. Ramos, A. Ravache, M. J. Rayner, T. A. Reid, G. J. Robertson, G. J. Rocamora, D. P. Rollinson, R. A. Ronconi, A. Rotger, D. Rubolini, K. Ruhomaun, A. Ruiz, J. C. Russell, P. G. Ryan, S. Sarah, A. Sanz-Aguilar, M. Sardà-Serra, Y. G. Satgé, K. Sato, W. C. Schäfer, S. Schoombie, S. A. Shaffer, N. Shah, A. Shoji, D. Shutler, I. A. Sigurðsson, M. C. Silva, A. E. Small, C. Soldatini, H. Strøm, C. A. Surman, A. Takahashi, V. R. V. Tatayah, G. A. Taylor, R. J. Thomas, D. R. Thompson, P. M. Thompson, T. L. Thórarinnsson, D. Vicente-Sastre, E. Vidal, E. D. Wakefield, S. M. Waugh, H. Weimerskirch, H. U. Wittmer, T. Yamamoto, K. Yoda, C. B. Zavalaga, F. J. Zino, M. P. Dias

Global assessment of marine plastic exposure risk for oceanic birds, Nature Communications 14, 3665 (2023)

研究成果紹介:

コオロギは運動中に襲われると 一時停止する ～運動している時の方が敏感なのか?～



小川 宏人

北海道大学大学院理学研究院生物科学部門・教授



運動状態によるコオロギの気流逃避行動の違い

静止しているコオロギを短い気流で刺激するとすぐに刺激の反対方向へ逃げるが（左）、歩行中に刺激すると必ず一時停止してから逃げる（右）。

概要

動物はたとえ同じ刺激を受け取っても、その時の外部環境だけではなく、動機の強さや生体リズムなどの内部状態によっても起こす行動を変化させます。中でも運動中かどうかは、動物の行動に大きく影響します。例えばヒトの場合、ランニング中は認知課題の成績が悪くなるなどの影響があることが報告されています。しかし自由に運動している動物に全く同じ刺激を繰り返し与えることは難しいため、運動状態の行動への影響を詳細に調べることはできませんでした。

私たちは共同開発したサーボ型球形トレッドミル装置を用いて、自由に歩行しているコオロギに方向や強さを精密に制御した短い気流刺激を与え、それによって生じる逃避行動を調べました。実験の結果、コオロギは自発的に歩行している最中に刺激を受けると、ほとんどの場合すぐに一時停止し、その後、逃避行動を起こしました。しかも、静止中には何も反応しない様なごく弱い気流刺激に対しても停止し、さらに静止中より高い確率で逃避反応を示すことが分かりました。一時停止する分、逃避反応を開始するまでに時間がかかりますが、刺激に対する感受性を高めることでその遅れを補償している可能性があります。また、運動中

の逃避反応における逃げる距離や速度は静止時と変わらないものの、逃げる方向が静止時に比べて不正確になっていました。

以上の結果から、コオロギの逃避行動は運動状態によって変化することがわかりました。運動中に見られる一時停止反応は、他の動物で報告されている「凍り付き反応 (Freezing response) 」と同じ意味を持つのかもしれません。

研究背景

動物にとって、刺激を受け取ったときに自分が運動しているか静止しているかは、その刺激に対する反応に大きな、かつ複雑な影響を与えます。刺激の知覚自体も運動中に制限されたり、抑えられたり、逆に高められたりします。このような運動状態による知覚の変化は、覚醒の度合いや注意によって解釈されることもあります。ヒトも含めて多くの動物において、特に学習課題に対する運動状態の影響が調べられてきましたが、学習課題では知覚能力だけでなく、認知過程や学習能力への影響も考慮しなければならないため、運動状態による行動変化をもたらす神経メカニズムを明らかにすることが困難でした。

そこで私たちは、動物の行動に対する運動状態の影響をより厳密に評価するために、生得的な行動の一つである逃避行動を用いることにしました。

研究方法

捕食者に襲われたときのような脅威を示す刺激に対する逃避行動は、どのくらい素早く行動を起こせるか、どのくらい速く遠くへ逃げられるか、どのくらい正確な向きへ逃げられるか、を指標として評価することができます。しかし、それらを定量的に評価するために

は、動物に与える脅威刺激の強さや方向などを正確に制御して与える必要がありますが、自由に運動している動物に対してこのような刺激を与えることは困難でした。

私たちは共同開発したサーボ型球形トレッドミル装置 (通称「無限平面装置」、図 1) を用いて、この問題を解決しました。この装置では、発泡スチロールボールの上に昆虫などの小動物を置き、動物の画像を高速ビデオカメラでとらえながら、常に画面の同じ位置で任意の方向に向いてとどまるように、ボールをモーターで回転させます。そのため、動物の動きを全く制限することなく、運動中でも同じ刺激を繰り返して与えることができます。私たちは、この装置を使ってコオロギの気流誘導性逃避行動への運動状態の影響を調べました。コオロギは腹部後端に尾葉と呼ばれる機械感覚器官を持ち、短い気流刺激に対して刺激源からすばやく遠ざかる逃避行動を示します。そこで、無限平面装置のトレッドミルの上で歩行中または静止中のコオロギに様々な強さの気流刺激を異なる方向から与え、刺激と同時にトレッドミルを停止させて、刺激に伴う逃避行動を高速ビデオカメラで撮影しました。

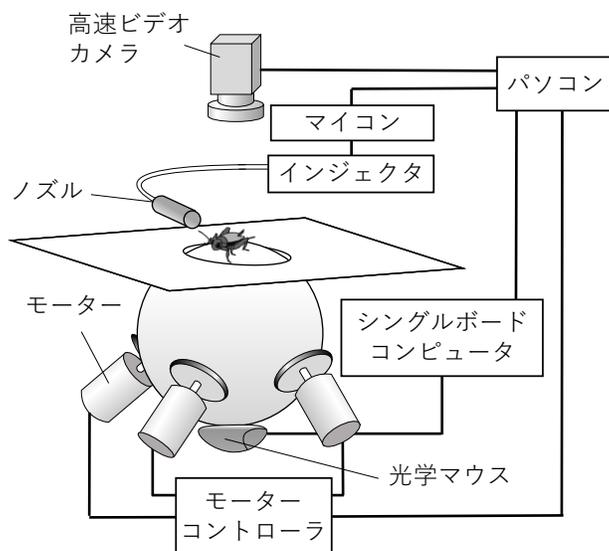


図 1 無限平面装置の模式図

研究成果

静止中に気流刺激を与えた場合には、コオロギは刺激開始から 0.1 秒以内に走るかジャンプして刺激の反対側へ逃避します。一方、歩行中に刺激した場合は、ほとんどの場合いったん歩行を停止して、その後逃避する行動を示しました。静止中も運動中も刺激が強くなるほど逃避行動を起こす確率が高くなっていきましたが、運動中は静止中では反応しないような弱い気流刺激に対しても、逃避行動を示しました (図 2A)。したがって、運動中は静止時よりも気流刺激に対する感受性が高くなっていると考えられます。

また、歩行を停止する反応は、実験で用いた最も弱い刺激に対してでさえ、ほぼ 100% の確率で生じた (図 2B) ことから、静止中・運動中に関わらず、コオロギが弱い気流刺激に対して逃避行動を起こさないのは刺激を検出できないからではなく、あえて動かないという「凍結反応」を示している可能性があります。一方、逃避行動のうちジャンプした割合は、運動状態に関わらず刺激が強くなるほど大きくなりましたが、静止時と運動中でその割合は変わりませんでした。

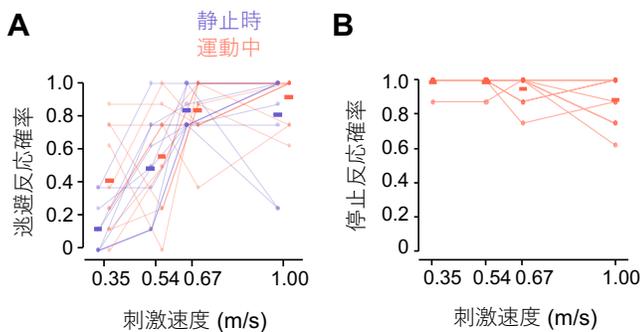


図 2 静止時と運動中の気流刺激に対する逃避行動 (A) と停止反応 (B) の反応確率。運動中の方が逃避反応確率は高く、停止反応確率は 100% 近いことが分かる。

次に逃避運動を起こすまでの時間を比較したところ、運動中の逃避行動では、一時停止する分だけ時間がか

かるため、刺激開始から逃避をはじめるまでにかかる時間は長くなりました (図 3A)。しかし、逃避運動における最大速度や移動距離には、運動状態による違いは見られませんでした (図 3B, C)。すなわち、運動中に起こした逃避行動であっても、その運動パフォーマンスは静止時のものと変わらないことが分かりました。

コオロギは、気流刺激を受けると刺激のやってきた方向の反対側に逃げます。これは捕食者などの脅威からできるだけ距離を取ろうとしている行動だと考えられます。そこで、刺激に対してどのくらい正確に移動できているかを、刺激の正反対の方向と実際に逃げた方向の角度差の値で評価しました。その結果、静止時に比べて運動中の方が角度差は大きく、逃げる方向の制御が不正確になっていました (図 3D)。

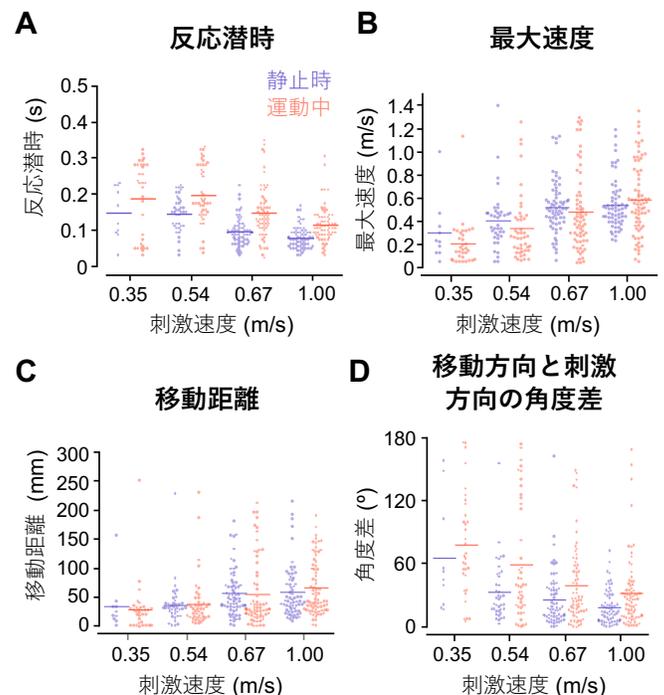


図 3 静止時と運動中の逃避行動における反応潜時 (A)、最大速度 (B)、移動距離 (C)、及び移動方向と刺激の反対方向との角度差 (D)。運動中は反応潜時が長く、移動方向のズレが大きくなった。

運動中のコオロギは、なぜ逃避するのが遅れるのにも関わらず、一時停止するのでしょうか。もしかした

ら、例えば、そのまま逃避する場合よりも一時停止した方が、より速く、遠くへ、正確に刺激の反対方向に逃げられるのかもしれませんが。気流刺激が強くなると、コオロギが一時停止せずにそのまま逃避行動を示す場合も見られるようになります。そこで、一時停止する反応がそれに続く逃避反応にどのような影響を及ぼすのかを調べるため、一時停止した場合の逃避行動とそのまま逃避した場合で、最大速度や距離、移動方向を比較しました。しかし、予想に反して、逃避行動の最大速度、移動距離、刺激の反対方向と移動方向の角度差のいずれも、一時停止しているかどうかで差は見られませんでした。したがって、一時停止はそれに続く逃避行動のパフォーマンスを上げるためのものではないことが分かりました。

以上の結果から、コオロギの逃避行動は受け取った刺激や外部環境だけでなく、刺激を受けたときの自分自身の運動状態によって変化することが分かりました。一般に動物は、運動中は静止しているときに比べて捕食者に見つかりやすくなります。そこでコオロギは、運動中に脅威刺激を受けると、まず一時停止して捕食者の目を逃れようとしているのかもしれませんが。このような反応は「凍り付き反応 (Freezing response)」と呼ばれ、他の動物でも報告されています。研究グループは、コオロギも「凍り付き反応」を捕食者に対する行動戦略の一つとして採用している可能性を初めて示しました。

今後への期待

これまで神経系に対する運動状態の影響についての多くの研究は、自分自身の運動によって生じた刺激と外部環境がもたらす刺激をいかに区別するか、という視点で行われてきました。一般に、動物は運動するとその運動指令の内容が感覚系にも送られて、自分自身の運動による刺激をキャンセルするメカニズムを持っています。一方で、実際に起こした行動に対する運動状態の影響は複雑で多岐にわたるため、その原因となっている神経メカニズムを解明することが困難でした。コオロギの気流逃避行動は生得的であり、特に気流刺激を検出するための感覚器官や神経経路についてはよく分かっています。

現在、私たちは、運動中のコオロギから気流感覚処理経路の神経活動を計測し、気流刺激に対する神経応答が運動中と静止中でどのように異なるのか、異なる場合にはその原因は何か、を明らかにしようとしています。このような神経生理学的な研究を進めることによって、運動状態が行動を変化させる神経メカニズムを明らかにできるかもしれません。

論文情報

Kiuchi, K., Shidara, H., Iwatani, Y., Ogawa, H. (2023) Motor state changes escape behavior of crickets. *iScience* 26, 107345.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107345>



若手向け企画報告:

勉強会(4/21)に参加しました



岡村 太路

名古屋大学環境学研究科 地球環境科学専攻・D1

2023年4月21日に2023年度第1回勉強会がオンラインにて開催されました。簡単に報告させていただきます。

この勉強会では、本学術変革領域研究に携わる各大学研究室での卒業研究・修士研究および新しく研究員に着任された方の実施研究について、それぞれ5分程度でフラッシュトークを行ないました。10の大学と2つの研究施設から合計19の研究発表がありました。

私にとっては初めての変革領域研究の勉強会でしたが、トップバッターとして、現在取り組んでいるイルカ・クジラの姿勢制御に関する研究について紹介させていただきました。5分という短い時間にもりもりに内容を詰めさせていただいたのですが、質問などで多くの研究者に興味を持ってもらえて嬉しいです。何かありましたらぜひご連絡を頂ければ幸いです。

発表後一息つく間もなく、次々に展開される演者の研究は、実践的かつ多彩で非常に刺激的でした。研究対象の分類群は、ショウジョウバエ、スナメリ、ニホンザル、ヒト、ロボット(?)と幅広く、その着目点は遺伝子、神経から生態系サービス、研究手法は観察、シミュレーション、実作での検証などと非常に横断的

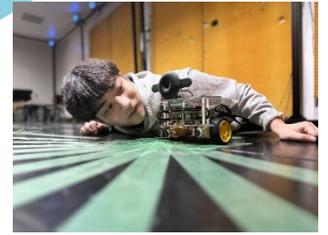
であると感じました。そして、プロジェクトの名の通り、“階層的”であることを勝手ながら認識しました。

多くの演題の中で、案内するロボットの研究は私にとって非常に興味深かったです。実際に検証してみたところ、児童からの予期せぬ妨害(?)により案内を停止してしまう結果は、極端かもしれませんが動物の自由すぎる振る舞いとロジカルなデータ世界の衝突の一端のように感じました。

今回の勉強会は、多彩な研究プロジェクトを前にして、新参者である私の研究の階層、立ち位置を考える良い機会にさせていただきました。今後、本研究プロジェクトに携わっている多くの研究者とより一層の議論をさせていただき、自分の研究分野、階層を模索していきたいです。

若手向け企画報告:

勉強会(5/19)に参加しました



長谷川 勘太

同志社大学・生命医科学研究科・M2

2023年5月19日、学術領域変革(A)「階層的生物ナビ学」の領域勉強会が開催されました。この勉強会では「ヒト以外の動物の群れから歩行者集団、Human flockingへ」に関して、京都工芸繊維大学の村上久先生と、「同変性を備えた仮説・データ融合型の移動体の軌跡生成モデルの研究」に関して、京都大学の竹内孝先生がご登壇くださいましたので、報告いたします。

村上久先生には、生物の群れ行動の内部構造とそのダイナミズムについてお話いただきました。ミナミコメツキガニの群れ行動における渡河頻度と成功率の観察から、群れの規模が大きいほど成功率が高まることを教えていただきました。この現象を、Vicsek・Voidモデルに相互予期を組み込む新しいモデルを提案され、再現されていました。また、歩行者の集団行動の研究では、歩行者が他の事に注意を向けると、その歩行者だけでなく、その歩行者と交差する他の歩行者の行動も影響を受けるそうです。この結果は、歩行者が互いに動きを予期し合うことが、集団全体の組織化を促進することを示しています。この研究は、群れ行動の理解に新たな視点を提供していただきました。

竹内孝先生からは、歩行者の周辺認識パターンをデータ駆動型学習の視点からのお話をいただきました。歩行者の認識パターンを明らかにするためのアプローチとして、グラフニューラルネットワークを利用しています。しかし、既存のグラフネットワークは同変ではないため、同変性を有したグラフネットワークを構築し、人間の移動予測問題のシミュレータを開発し検証されています。その結果、人間が同変に空間を認識し歩行するという仮説のもと、予測精度が向上し、同変性を有したグラフニューラルネットワークが人の移動予測に有効であるそうです。

今回の勉強会で特に興味深く感じたのは、「ミナミコメツキガニ」の行動についてです。群れの行動によって課題をクリアにするミナミコメツキガニの観察は、非常に魅力的でした。群れの行動から新たな発見が生まれる可能性を感じ、今後は自身も積極的に群れの行動を観察していきたいと思います。

若手向け企画報告:

勉強会(9/30)に参加しました



志垣 俊介

国立情報学研究所・情報学プリンシプル研究系・助教

2023年7月21日、学術領域変革(A)「階層的生物ナビ学」の領域勉強会がオンラインで開催されました。この勉強会では、生物の行動を計測するためのハードウェアに焦点が当てられました。今回は、東京大学 牧野泰才先生、大阪大学 前川 卓也先生、同志社大学 飛龍 志津子先生、同志社大学 高橋 晋先生の4人の先生方がご講演してくださいました。

牧野先生からは、超音波等の振動を生成するデバイスを用いることで「非接触で接触を生み出す技術」をご紹介いただきました。超音波をアレイ状に配置し、空間に伝播する振動を制御することで、場に存在する物体の位置を任意に制御することができます。この技術を応用することで、生物にとっての見えない壁を作り出すことができるため、生物が行動決定の際にどの程度の力覚情報を利用しているかを高精度に知ることができるように感じました。

前川先生からは、加速度等のセンサ群を用いて動物の行動を自動的に認識して計測が行えるスマート計測デバイスについてご紹介いただきました。このデバイスを用いることで野生の鳥やウミガメ等の動物の普段の行動を捉えることができるため、彼らの生態を理解するのに非常に有用です。加えて、電気刺激装置に

AI 的機能を備えたデバイスについてもご紹介いただきました。この装置は計算機が刺激のタイミングを計算し、そのタイミングで動物に刺激を与えることで、その時の行動と脳波を同時に計測できます。この装置がさらに発展すれば、我々が予想しないような実験データが計測できるようになると考えると非常に神経科学・行動学に資するデバイスだと感じました。

高橋先生には、自動で迷路を作り出す実験系をご説明いただきました。以前より、マウスやラットの行動実験用に自動で走行する経路の一部を変更可能だったようですが、新たに導入する実験系では、直動アクチュエータを用いて六角形型の物体を上下動させることによって空間を自在にデザインできることが魅力的でした。直動アクチュエータを空圧にすることで電気生理応答を計測する際のノイズ対策を取られているとのこと、空間依存的な行動変容の理解が益々進みそうでした。

飛龍先生からは、飛行中のコウモリのソナーを直接計測するための超小型計測器のご紹介をしていただきました。高精度な計測性能を担保しつつ、如何に軽量かつ小型化できるかが難題のようですが、ノウハウを丁寧にご紹介いただき、非常に参考になりました。

生物実験を網羅的に実施したい場合や今まで取れなかったデータを手に入れるためには、デバイス開発が必要不可欠です。また、生物が移動する空間を自由にデザインできるだけでなく、実験中に空間に介入することで、環境への変化にどう対応もしくは適応するかが調べられるようになると考えると非常に活気的だと感じました。工学的ツールを用いて生物実験を実施する私にとって糧となる勉強会でした。

領域イベント開催報告:

BIRD2023 および OPENPACK CHALLENGE 2022 @PERCOM2023



前川 卓也

大阪大学大学院・情報科学研究科・准教授

2023年3月13から17日まで、米国アトランタにて開催された、IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2023)において、本領域が主催する国際ワークショップである 2nd International Workshop on Behavior analysis and Recognition for knowledge Discovery (BiRD 2023)を併設ワークショップとして開催しました。



図1: Sasaki先生によるキーノートの様子。30名ほどの方に参加いただきました

University of GeorgiaのTakao Sasaki先生をキーノートスピーカーとしてお招きし、本領域の研究テーマとも深い関係があるバイオロギングを用いた野生環境での集団行動解析などに関する講演をいただきました。領域からの参加者はもちろん、領域外からのComputer scienceを専門とする参加者もSasaki先生のトークに見入っており(図1)、質疑も大変盛り上がりました。また本領域からは名古屋大学の藤井先生にSpecial Talkとして、領域の重要な成果である集団行動における因果推論やインタラクション解析の研究を紹介していただきました。また藤井先生には、オーガナイザの一人として本ワークショップの運営にもご尽力いただきました。

本ワークショップには領域内外から7件の論文投稿があり、そのうち3件が口頭発表として採択されました。さらに、後述するコンペの入賞者の発表も含め、7件のポスター発表が行われました。情報と生態学を繋ぐ重要な取り組みを領域内外に発信することができたのではと思っています。なお、投稿および査読

のプロセスで領域の先生方には大変お世話になりました。最後に Sasaki 先生にも協力をいただき、本ワークショップの発表の中から優秀論文賞と優秀発表賞として、名古屋大学の山ノ内さんと同志社大学の源田さんを選定しました。受賞者の皆様おめでとうございます。



図 2 : ワークショップでの集合写真

さらに、本領域および株式会社東芝の支援を受け、行われたデータ解析コンペである OpenPack Challenge 2022 の表彰式および上位入賞者のプレゼンテーションも BiRD ワークショップの中で行われました。OpenPack Challenge は、梱包作業の大規模データセットである OpenPack データセットを用いた作業行動認識のコンペティションです。与えられた学習用データを用いて行動認識モデルを学習し、テストデータの正解率で順位を競いました。

テストデータの認識結果の提出は 2022 年 10 月から始まり、締切である 2023 年 1 月までに 33 チー

ム、106 名の登録があり、817 回の認識結果の提出がありました。そのうち上位 5 チームを表彰し (図 3)、それぞれの行動認識手法のプレゼンテーションをポスター発表にて行ってもらいました。マルチモーダルデータを高度に組み合わせた興味深い手法などが用いられており、本コンペティションが行動認識研究に果たした役割は大きいものと考えられます。コンペティションの詳細は下記 URL を参照下さい。
<https://open-pack.github.io/challenge2022/>

ワークショップ終了後は、市内のピザ店にて懇親会を行い、キーノートスピーカーの Sasaki 先生のホームタウンのビールなどを味わいつつ、異分野の相互交流を図りました。今後もこのような国際的な成果発表の場を積極的に設けていければと思います。



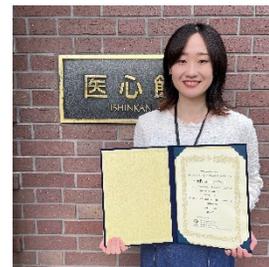
図 4 : 市内のピザ店での懇親会の様子



図 3 : OpenPack Challenge2022 表彰式の様子。5 名の入賞者と運営に携わった阪大・吉村君 (左)

領域イベント参加報告:

国際ワークショップ(BIRD2023)に参加しました



源田 祥子

同志社大学・生命医科学研究科・M2

2023年3月13日、国際ワークショップ「Behavior analysis and Recognition for knowledge Discovery」がアメリカ・アトランタにて開催されました。私は「模倣学習を用いた障害物環境下におけるコウモリの飛行経路のモデル化」について、ポスター発表を行い、有難くも Best Presentation Award を受賞しました。今回は学会参加の感想とアトランタでの思い出を述べたいと思います。

私は今まで学会の参加や発表をしたことがなく、初めての学会がアメリカでの国際学会ということで楽しみ半分、不安半分でした。しかし、藤井先生や前川先生らのおかげもあり、ナーバスな気持ちが収まり、日本を出発しました。発表では、最初はなかなかコミュニケーションを取ることができませんでした。拙い中学生レベルの英語しかできないけれど伝えることが一番！と自分を励ましていました。「次の人にはこの言い方を変えて説明しよう！」と自分ができる精一杯を重ねるうちに、英語で話すことが楽しくなりました。また、様々な分野の研究者とする会話は刺激的なものが多く、出会いの大切さを実感すると同時に、自分の研究を大切にしようと思いました。やはり“コ

ウモリ”というインパクトは大きく、コウモリの説明をするだけでユニークだね、奥深いねと大盛り上がりです。私たちが当たり前だと思っていることでも、コウモリを知らない人から見れば不思議であり、そういうところに研究を進めるヒントが隠れているかもしれないと感じました。

さて、アトランタといえばコカ・コーラ博物館、ジョージア水族館、ストーン・マウンテン・パーク・・・ということで、学会で色々なことを学びながらも、今でもたまに恋しくなるほど、アメリカ・アトランタを楽しみました。

そして最後になりましたが、このような貴重な機会を頂きありがとうございました！



ストーン・マウンテン・パークでの写真。快晴の中、一枚岩の頂上はとても気持ち良かったです。

領域イベント参加報告:

領域会議(6/12,13)に参加しました



D5 松原 伸明

神戸大学 理学研究科 生物学専攻

2023年6月12,13日に仙台で開催された「階層的生物ナビ学」領域会議に参加させていただきました。2日間に渡る会議の中で非常に多岐にわたるテーマの発表がありましたので今回は特定の研究内容というよりは全体を通しての所感を述べさせていただきます。

会議を通じて私が強く感じたのは今研究領域における研究内容の深さです。私は階層的ナビ学の前身となる「生物ナビゲーションのシステム科学」の会議等にも参加させていただいておりましたが、その頃と比較してもナビゲーションに対する解像度が着実に上がってきている感覚があります。実世界でのフィジカルなデータ収集技術、得られたデータのサイバー空間上の処理技術の両方がともに発展することで、現実世界という複雑な環境における生物の移動を理解するという非常に難しい問題に一步ずつ近づいてきていると思います。

また、個人的には昨今飛躍的に進歩しているディープラーニング等の機械学習を用いた手法が目を見張りました。具体的には異常検知を用いたロガーの適切な記録タイミングの調整やノイズのある記録映像からの画像認識、そして計測中のデータから適切な介入方策を

決定するXログボットといった技術です。特にXログボットは研究者が決定する介入内容をデータドリブンにAIに決定させるという部分が非常に面白く、実験部分を自動化するという手法が進展していくことで、これからの研究の有り方が変化していく可能性を感じます。

一方で、機械学習も現時点では万能ではありません。例えばディープラーニングは構造上ブラックボックス化しやすく、生物を模倣できる推定モデルができたとしてもその内包する処理の理解が難しいという問題があります。技術的な実現可能性とそれをどの部分に活用するのか、生物学的にどう解釈するべきかなどを吟味する必要があり、その点で本研究領域は生物・工・情報学の連携により技術の活用がしやすい土壌になっていると感じます。

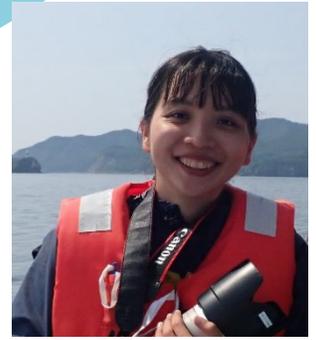
本領域会議は新型コロナウイルスの影響もあり、初めての対面での領域会議ということでしたが、ポスター発表では非常に密な意見交換を行うことができました。私はコオロギの偏光ナビゲーション行動というマイナーなテーマでの発表となりましたが、逆に生態学など別の研究分野ならではの視点でコメントや質問を

いただくことが多くこれからの実験方針に有益な意見交換ができたと思います。今後もこのような対面の会議および若手合宿等を通じて階層的ナビゲーションの研究が深まっていくことを願います。

国際研究活動報告:

国際哺乳類学会(IMC-13)

への参加報告



村山 夏紀

三重大学大学院 生物資源学研究科 M2

私は、日本沿岸を大規模に回遊する小型鯨類のカマイルカが、どのような群れで生活していて、どうやって移動をしているのかに興味をもちます。現在は青森県の陸奥湾に来遊するカマイルカを対象に、いつ・どんな個体が来遊しているのか、どのような群れを構成しているのかを明らかにするため、乗船調査で背ビレの写真を撮影したり、ドローンを用いて上空からカマイルカを観察したりするなど、試行錯誤しながら研究を行っています。中でも、水中で生活し、個体同士の距離の変化が大きいカマイルカという種において、どのように「群れ」を定義するのは研究の上で重要な課題点です。

今回は、研究を行う上で重要な要素となる「群れ」の定義について検討し、考えた方法について国際学会でのポスター発表を行いましたので、報告いたします。

参加したのは 13th International Mammalogical Congress という、アメリカやヨーロッパ、アフリカなど世界各地から哺乳類研究者が集まる学会です。アメリカのアラスカ州アンカレジで、7月14日から20日の期間で開催されました。

私は「Group definition of Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*) using time lags of photographs」という題でポスター発表を行いました。詳細な説明は省略しますが、乗船調査において取得したイルカの画像の撮影時刻の間隔に注目して解析を行い、410秒以上撮影時間に間隔があった場合に前後の個体を別の群れの個体と定義する、というものです。



ポスターセッションの会場(左)とポスター発表の様子(右)。

学会3日目に行われたポスターセッションでは、小型哺乳類の生息地変化について研究している方や、バイソンの離合集散社会について研究している方など、さまざまな分野の方にポスター発表を聞いていただき、お話する機会がありました。群れを分けるために用いた解析方法に興味を持っていただくことが多く、研究の今後の展望についても少しディスカッション

ンすることができました。また、現時点では解析を行うための人為的な定義になっている点に対し、そのように分けた「群れ」がどのような意味をもつのかという点や、撮影方法などについても意見を頂くことができましたので、今後の研究に活かしていきたいと思っています。

5日目には、有蹄類の移動と社会に関するシンポジウムが行われたため、聴講してきました。シンポジウムではまず最新の移動についての研究が紹介され、その後、バイソンやシカなどを対象とした研究発表が5題行われました。陸上動物を対象にしており、自身の研究対象と取得できるデータに違いはあるものの、現在どのような研究が行われているのか、移動に対してどのようなアプローチがあるのかを知ることができたのはとても勉強になりました。発表されていた研究では、GPSの装着による正確な位置情報の取得が基本となっていました。遊泳する野生の小型鯨類へのロガーの応用は難しく現時点であまり現実的ではないので、ドローンなど他のアプローチ方法を考えていくことが重要であると感じました。シンポジウムに参加したことで、同じように動物の移動について興味を持っている人がたくさんいて、多様な研究が行われていることを知ることができ、視野が広がりました。まだまだ知らないことがたくさんあると改めて実感したので今後しっかりと勉強していきたいです。

初の海外、初の国際学会参加で緊張もあり、いくつかハプニングもありました。また、英語力の不足や、準備不足など、自身の未熟さを感じ、反省することも多かったのですが、この経験を次に活かしていきたいと思っています。学会の雰囲気は、参加者同士の交流が活発で、お酒を飲んだり、ご飯を食べたりしながら、さまざまな年代や大学の研究者が楽しそうに議論をしている様子がとても魅力的だったので、同じ場に参加でき

ていることを幸せに感じました。自身の研究についての議論ができただけでなく、哺乳類についての様々な研究発表を聞いて興味や知識を広げることができ、とても有意義な時間でした。これからもいろいろな学会に参加して、さまざまな人と議論や交流をしていけるよう頑張りたいと思い、今後のモチベーションに繋がりました。

余談になりますが、学会後には、トレイルを歩いて野生動物を探したり、海洋動物のウォッチングツアーに参加したり、現地の博物館に行ったりとアラスカを満喫することもできました。どこも雄大な自然に囲まれていて、街を歩くとたくさんの綿毛が舞っていたり、空気のおいも日本と違っていたりと、全ての景色が新鮮でした。海洋動物のウォッチングツアーでは、シャチやザトウクジラのバブルネットフィーディングなどを観察できました。日本ではなかなか観察する機会のないものを見ることができ、一生忘れられない体験になりました。



滞在していたアラスカ大学の寮の庭で観察したムースの親仔（左）とキーナイフィヨルド国立公園で撮影したザトウクジラのバブルネットフィーディングの様子（右）。

今後は学会で発表した「群れ」の定義を再度検討しながら、まずは群れの構成や時期ごとの特徴を明らかにすることを目標に修士研究を進めていきます。まだ手探りの部分も多いのですが、ドローンのデータなどもうまく活かしていきながらカマイルカの群れや移動についての理解を深めていけるよう精進します。

今回の渡航に際し、階層的階層ナビ学からご支援をいただきました。このような貴重な機会をいただけたことに、この場をお借りして感謝申し上げます。ありがとうございました。

弟子入り体験記:

A01 公募班 (田中) から A02 橋本班へ



山ノ内 勇斗

名古屋大学・理学研究科 理学専攻 生命理学領域・M2

このたび、学術変革領域研究「階層的生物ナビ学」の助成をいただき、2023年8月2日~9日に私たちの研究室（公募班田中）から私と田中助教の2人で、東北大学大学院情報科学研究科の橋本浩一教授の研究室に伺いました。これまで私たちは物体認識アルゴリズムを使ったリアルタイム動物行動解析ツールを作成してきました。このシステムでは、複数個体が存在する環境下でも高精度に、個体ごとの行動を認識することができました。しかし、行動認識を行った後にどのように個体選択的に介入操作を行うのが課題となっていました。そこで今回は、プロジェクターを光源とし、物体認識をもとに個体選択的に光照射や映像パターンのフィードバックを行うシステムを考案し、その基礎技術であるカメラプロジェクター制御を学ぶため、対面での弟子入りさせていただきました。

7日間のお時間を割いていただき、橋本先生や千葉先生にカメラプロジェクターシステムの原理やプログラムコードの説明を一から教わり、応用方法まで習得することができました。対面であったからこそ、細

かなことも質問させていただき、想定していた以上の進捗と、多くの技術を学ぶことができました。

システムの実装では、機械学習の基本原則やトラッキング手法、画像処理技術などの基礎と、装置開発のための環境構築まで教えていただきました。今後の研究の発展に役立てられる、大きな糧となる技術を習得できたと感じています。今後は、作成したシステムを元に自身の実験系へ適応することで、ショウジョウバエにおける個体選択的な光刺激の実験を実現させ、動物がいかんして群れを形成し、維持されるのか、その神経メカニズムの解明を目指します。

改めまして、橋本先生・千葉先生には大変お世話になりました。この場を借りて、感謝を申し上げます。ありがとうございました。そしてこれからもよろしく願いいたします。

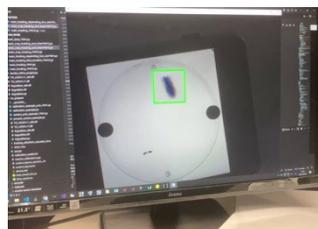


図1 (左) 作成したシステムが動作している様子 (右) 滞在期間中に行われていた仙台七夕まつり

階層的生物ナビ学

学術変革領域研究（A）

「サイバー・フィジカル空間を融合した階層的生物ナビゲーション」ニュースレター
Vol. 4（2023年9月発行）

<領域代表>	橋本浩一	東北大学大学院 情報科学研究科
<編集/装丁>	西森拓	明治大学 先端数理科学インスティテュート
	飛龍志津子	同志社大学 生命医科学部

領域事務局：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01

東北大学 大学院情報科学研究科

Tel: 022-795-7018 Email: contact@bio-navigation.jp

領域ホームページ：<https://bio-navigation.jp>



CyNav

Hierarchical Bio-Navigation
Integrating Cyber-Physical Space