



日本バイオリギング研究会会報

日本バイオリギング研究会会報 No. 225

発行日 2025年5月30日 発行所 日本バイオリギング研究会（会長 佐藤克文）

発行人 名古屋大学大学院環境学研究科・生態学講座 依田憲

〒464-8601 名古屋市千種区不老町

E-mail: BioLoggingScience@gmail.com

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



もくじ

新しい発見

非侵襲的な心電図計測が難しかったウミガメの最適な電極位置 齋藤綾華（国立極地研究所）2

バイオリギングしてない論文を書きました：

外来魚チャネルキャットフィッシュの国内水系における自然誌報告 吉田誠（福知山公立大学）4

学会報告

ガーナで開催された ISTS に参加しました 河合萌（東京大学大気海洋研究所）6

雪と光が織り成す、調和の都に住む。ここは札幌。 菅野省吾（東京大学大気海洋研究所）8

お知らせ

BiP を使ったバイオリギング解析に挑戦～その5

activity_plotter: 3軸加速度と活動量の可視化 2 渡辺伸一（リトルレオナルド社／麻布大学）10

「ダム直下でのチャネルキャットフィッシュ採集」 撮影場所：愛知県豊田市 撮影者：吉田誠

非侵襲的な心電図計測が難しかったウミガメの最適な電極位置

齋藤 綾華（国立極地研究所）

【はじめに】

こんにちは。昨年度まで東京大学でウミガメの潜水生理に関する研究をしていました齋藤綾華です。今年度から、特任研究員として国立極地研究所に所属となりましたので、この場を借りてお知らせさせていただきます。これから、ペンギンなどの海鳥を対象に、心電図計測などを行っていく予定です。憧れだったペンギン調査が今から楽しみです。引き続きバイオリビング研究をしていきますので、よろしくお願いします。

今回は 2 月に公開された、ウミガメの心電図計測手法に関する論文の内容をご紹介します。

【背景】

ウミガメは爬虫類の中でも高い潜水能力をもち、海洋生活に特化した動物です。その生理的な適応を明らかにするため、心電図計測が行われてきました。ウミガメは硬い甲羅をもつため、これまでウミガメの心電図計測は体内に電極を挿入して行われてきました。最近になり、ウミガメの背甲に電極を貼りつけて、非侵襲的に心電図を計測する手法が開発されてきました。しかし、この手法はアカウミガメやクロウミガメ、ヒメウミガメでしか利用できず、アオウミガメやタイマイのような背甲がつるつるとした種では心電図が計測できませんでした（図 1）。



図 1. 心電図口ガーをのせたアカウミガメ（上）とアオウミガメ（下）。アカウミガメの背甲はざらざらしていて藻などが生えている一方で、アオウミガメの背甲はつるつるとしています。これまでアオウミガメのような種では、アカウミガメと同じように体表に電極を貼り付けても心電図は計測できませんでした。



本研究では様々なウミガメで非侵襲的に心電図を計測できるようにするため、アオウミガメを対象に、心電図計測に有効な電極の装着位置を検討しました。電極の装着位置は、心電図波形の形や大きさに関わる重要

な要素です。アカウミガメでは、電極の位置を背甲から腹甲に変えたことで、より明瞭な波形を計測できるようになりました。そこで、アオウミガメの腹甲の 3 通りの位置に電極を装着し、心電図波形を短時間モニターして波形を比較しました。さらに、波形が確認できた場合は、水槽内で数日間計測を行い、連続的に心電図が計測できるか確かめました。

【方法】

本研究は、三陸沿岸域（東京大学大気海洋研究所大槌沿岸センター）と沖縄県黒島（日本ウミガメ協議会黒島研究所）の 2 地域で行いました。三陸沿岸域では、2020 年から 2023 年の 6 月から 8 月にかけて定置網で混獲されたアオウミガメ亜成体 15 個体を、また黒島では、2023 年 2 月に刺し網で捕獲した亜成体 14 個体を実験に用いました。

まず、すべての個体について、腹甲の 3 通りの位置に電極を貼り付けて、携帯型心電図モニターを用いて陸上で数分程度、心電図波形を確認しました。電極装着位置は、アカウミガメで報告されているのと同じ Position A と、そこからマイナス電極を首元に近づけていった Position B、Position C としました（図 2）。次に、モニターで波形が確認できた 14 個体について、心電図口ガーを装着して最大 4 日間、水槽内で連続的に心電図が計測できるか確かめました。

それぞれの電極装着位置で計測した心電図波形を、波形の大きさと安定性をもとに 3 段階で評価しました。評価は、計測した期間のうち目視で確認できた波形が、30% 未満の場合を「検出不可」、30%–70% の場合を「不明瞭」、70% 以上の場合を「明瞭」としました。

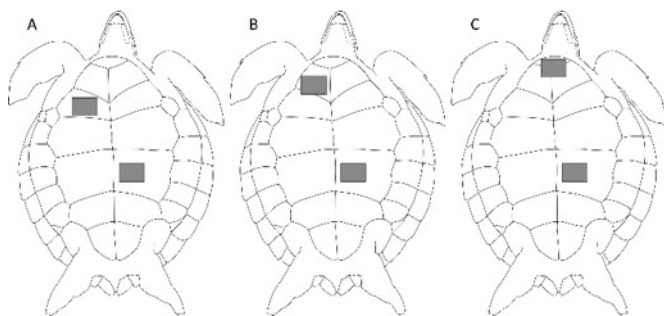


図 2. 3通りの電極装着位置。左から、アカウミガメで報告されているのと同じ Position A、一方の電極を首元に近づけていった Position B、Position C。

【結果】

腹甲の3通りの位置に電極を貼り付けてモニターで心電図波形を確認した結果、アカウミガメの心電図計測に最適とされる Position A では、いずれの個体でも心電図波形は検出できませんでした。一方で、マイナス電極を首に近い位置に装着した場合、Position B では4個体 (14.3%)、Position C では9個体 (39.1%) で明瞭な心電図信号が確認できました (表 1)。また、Position A で信号が不明瞭だった個体でも、首に最も近い Position C では明瞭な心電図信号が確認できました (9個体; 31.0%)。しかし、いずれの電極装着位置でも、10個体 (34.5%) では心電図信号が不明瞭で、4個体 (17.4%) では信号が検出できませんでした。

評価	電極装着位置		
	Position A	Position B	Position C
検出不可	4 (16.7 %)	4 (14.3 %)	4 (17.4 %)
不明瞭	20 (83.3 %)	20 (71.4 %)	10 (43.5 %)
明瞭	0 (0 %)	4 (14.3 %)	9 (39.1 %)
	24	28	23

表 1. 3通りの位置に電極を貼り付けモニターで確認した波形を確認した結果。

波形が確認できた個体に、口ガーを装着して水槽内で計測を行いました。Position A に電極を装着した1個体では、心電図信号は検出できませんでした (図 3 上)。一方、首に最も近い Position C に電極を装着した10個体では、すべての個体で連続的に心電図波形を記録でき、そのうち7個体では活動時もノイズがほとんどない明瞭な心電図波形が得られました (図 3 下)。10個体の安静時の平均心拍数は 8.6 ± 2.9 拍/分 ($n = 2520$)、活動時の平均心拍数は 12.2 ± 4.7 拍/分 ($n = 1991$) であり、体内に電極を挿入して測定された値と同程度でした。

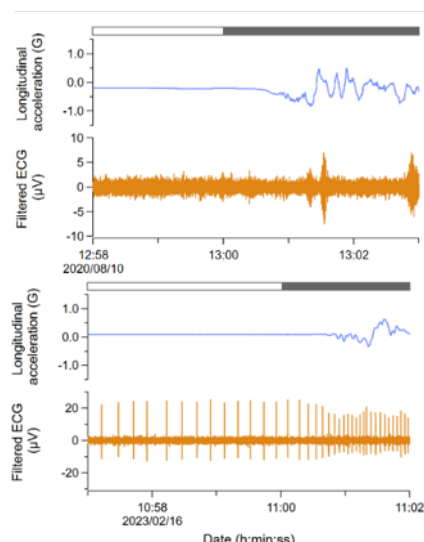


図 3.A の位置 (上) または C の位置 (下) に電極を装着し、水槽内で計測した心電図波形。青色の線は前後方向の加速度、オレンジ色の線は心電図波形を示す。グラフ上部の黒いバーは活動時、白いバーは安静時を示す。

【考察】

アオウミガメでは、マイナス電極を首に近い位置に、もう一方の電極を腹甲の左下に装着することで、より多くの個体で明瞭な心電図波形が確認できました。一部の個体では、電極の位置によらず心電図波形が不明瞭、または検出できませんでしたが、本研究のようにモニターを用いて波形を比較することで、実験に適した個体を効果的に選別することができます。本研究では個体によって心電図波形の検出可能性が異なる要因はわかりませんでしたが、今後は骨や組織の位置、鱗板の組成といった解剖学的なデータが必要と考えています。本研究では、これまで非侵襲的な心電図計測が困難であったウミガメにおいて、心電図計測に有効な電極装着位置を明らかにしたことで、様々なウミガメの生理機能の理解に貢献すると期待できます。

【論文情報】

Saito A., Sakai K., Kawai M., Lyu L., Kameda K., Kudo H., Sato K., Sakamoto K. Q. (2025). Development of a non-invasive heart rate measurement method for sea turtles with dense keratinous scutes through effective electrode placement. *Front. Physiol.*, 15:1511443. doi:10.3389/fphys.2024.1511443

新しい発見

バイオリギングしてない論文を書きました：外来魚チャネルキャットフィッシュの国内水系における自然誌報告

吉田 誠（福知山公立大学）

みなさまこんにちは。昨年度まで東京大学大気海洋研究所に所属していました吉田誠です。この4月から、京都府の北部にある福知山公立大学の情報学部講師として着任しました。本稿の執筆時点で赴任から早2か月が過ぎようとしていますが、新天地にはまだまだ慣れることもなく、日々慌ただしく過ごしています。今回は、昨年公表された論文3報の紹介をメインに据えつつ、皆様への近況報告も兼ねて筆を執った次第です。

私の着任した福知山公立大学は、立地自治体の福知山市が設置団体となり 2016 年に設立された比較的新しい大学で、福知山市を含む北近畿地域（京都・兵庫の日本海側）を主な活動の場とした「地域協働型教育研究」の展開をミッションに掲げています。私自身も、北近畿をフィールドとしてバイオリギング研究を進めていければと考えています。具体的な共同研究のお話はもちろん、面白そうな生き物・トピック（研究のタネ）など、思いついたことがあればぜひお声がけください！



さて、近況報告はこのあたりにして、いよいよ本題です。……といっても、記事のタイトルを見た時点で「なんだ、バイオリギング関連の論文じゃないのか」と思われた方もいるかもしれません。確かに、本稿でご紹介する論文3報ではいずれも、バイオリギング技術は使われていません。ですが、実はこれらの論文は、私が大学院生の頃に取り組んだバイオリギング研究の直接の続き、あるいは、それらを土台にした新展開として位置づけられるものです。今回はこのような背景のもと、「バイオリギング研究の先に何ができるか？何をすべきか？」を模索したい研究者の結果（経過）報告として、どなたかの・何かの参考になればと思い、紹介させていただきます。（ちなみに、「バイオリギングをしてない論文を～」というタイトルは、ずいぶん前の研究会会報の記事で見かけて「いいなあ」と感じたのを今回思い出し、復刻させたものです。バイオリギング研究者だってバイオリギングを使わない研究もしますもんね。）

今回の主役は、日本のいくつかの水系で分布を広げ、数を増やしつつある「チャネルキャットフィッシュ」という外来魚です。本稿で紹介する3報の論文では、日本の川や湖の在来生態系、あるいは内水面漁業への悪影響が懸念される本種について、移入先での分布や食性といった基礎的な自然誌データを報告しました。



図 1. 2021 年に矢作川で採捕したチャネルキャットフィッシュの成魚

1. 愛知県矢作川における 7 年ぶりの生息再確認

世界的な自動車メーカー・トヨタの企業城下町として知られる愛知県豊田市。その郊外を流れる矢作川では、2005 年から本種の生息が確認されています。“数が増えたら困る”この外来魚の生態解明と効果的な対策の検討を目的として、私は 2011 年から 4 年間、現地に通いました。ところが、2010 年に 40 個体近かった採集数は私の参加以降、10 個体前後に減り、2014 年はたったの 2 匹。私たちの採集圧が高かったかどうかはわかりませんが、ほぼ根絶とも言える低水準にまで生息数が減ったと思われました。しかしその後、私が別水系での調査を始め、矢作川で長年活動されてきた地元の方々による採集調査も行われなくなった関係で、本種を根絶できたかどうか、2015 年以降の個体数の推移はどうなっているのかも一切不明でした。

時は流れて 2021 年、ずっと気にかかっていた矢作川での本種の現状を確認すべく、当時の様子を知るメンバーとともに、以前と同じ場所（中流部の阿摺ダムと越戸ダム）・同じ手法（浮かし延縄）での生息調査をおこないました（表紙写真）。その結果、計 4 回の調査で成魚 5 個体、未成魚 3 個体が採捕され（図 1）、矢作川の中流域に依然として本種が生息していることが明らかになりました。さらに、採捕個体の体長から年齢と生まれ年を推定したところ、未成魚 3 個体はいずれも 2015 年以降生まれだとわかりました。つまり、採集調査の終了した 2014 年時点で生き残っていた個体その後繁殖し、2021 年までの 7 年間で個体数が再び増えつつあると考えられました（吉田ほか, 2024a）。



図2. 矢作川中流部の越戸ダム直下における延縄採集の様子。仕掛けのウキは通常、水面と平行に寝ているが、針に魚がかかるとウキが水中に引き込まれてやや立った姿勢になる（右から2番目と6番目のウキに注目）。

2. 矢作川水系での分布記録の収集と生息域の再検討

矢作川で本種の初確認された2005年以降、地元メンバーによる採集調査・駆除活動のほとんどは、矢作川中流部の阿摺ダム・越戸ダムの周辺水域（図2）でおこなわれてきました。これは、侵入初期の採捕地点が両ダム周辺に集中しており、かつ、ダム直下の止水域が延縄仕掛けを設置しやすい（作業しやすい）環境だったことが主な要因です。その一方、矢作川水系全体で見たときに、本種がどの範囲まで分布を広げているかは未解明でした。そこで、矢作川における過去の魚類相調査の記録（文献資料と公開データベース）を網羅的に調べるとともに、現地での聞き取り調査やSNS上での情報募集も駆使して、矢作川水系における本種の全出現記録を収集・整理しました。

さまざまな情報源から集めたデータを整理すると、写真や標本に基づく確実な採集記録は122個体分で、すべて中流域からの報告でした。一方で、物証を伴わない採集報告や目撃談まで含めると、水系最上流の矢作ダム湖（奥矢作湖）や、下流域の河口にほど近い地点からも本種に関する情報が寄せられました。本種の生息域がこれまで想定されていたよりも広い範囲に及んでいる可能性があることから、将来的には、最上流から下流までの水系全域で、体系的な分布調査を行う必要があると考えられます（吉田ほか, 2024b）。

3. 淀川での希少なサナエトンボ科ヤゴの捕食事例

日本最大の湖・琵琶湖では、矢作川より数年早い2001年頃にチャネルキャットフィッシュが初確認されましたが、その後2008年頃からは、本湖内ではなく流出河川の瀬田川を中心に本種の採捕がたびたび報告されていました。瀬田川は滋賀県から京都府に入ると宇治川、さらに大阪府内で淀川と名前を変えて大阪湾に注いでおり、水の流れとともに多くの魚類も下流へ運ばれています。しかし宇治川以南の京都・大阪府内では本種の採集記録はほぼありませんでした。そこ

で矢作川の時と同様にSNS上で情報提供を募り、琵琶湖・淀川水系の全域で本種の分布把握を試みました。その結果、本種が2018年頃には淀川の最下流まで分布していることが判明しました。

その過程で、ある釣り人の方から100個体以上の採捕記録が寄せられ、SNS上でさらに聞き取りをしたところ、釣れた個体を解剖して胃内容物も調べているとのこと。これまで河川における食性の知見は少なかったため、共同研究として胃内容物調査を進め、1年を通じたサンプリングと丁寧な観察を続ける中で、絶滅危惧とされるサナエトンボ類のヤゴがたびたび見つかることに気づきました。集計すると、14匹のチャネルキャットフィッシュからサナエトンボ科5属6種のヤゴ36個体が見つかり、多いときには1匹の魚に20個体ものヤゴが捕食されていました（図3）。在来生物に対する本種の捕食圧を低減するためにも、本種の侵入した水系では効果的な駆除策の推進と個体数抑制が重要だと考えられます（吉田・宮脇, 2024）。



図3. 淀川で採捕されたチャネルキャットフィッシュ(上)とその胃から見つかったオオサカサナエのヤゴ20個体(下)。

【論文情報】

吉田誠・宮脇勇伍（2024）外来魚チャネルキャットフィッシュによる希少なサナエトンボ科ヤゴの捕食。伊豆沼・内沼研究報告 18:39-51

https://doi.org/10.20745/izu.18.0_39

吉田誠・山本大輔・鶴田博嗣（2024a）愛知県矢作川における外来魚チャネルキャットフィッシュ生息の再確認。伊豆沼・内沼研究報告 18:71-85

https://doi.org/10.20745/izu.18.0_71

吉田誠・山本大輔・鶴田博嗣（2024b）矢作川水系における外来魚チャネルキャットフィッシュの現状：分布情報の確度を考慮した生息域の再検討。保全生態学研究 29:143-158

<https://doi.org/10.18960/hozen.2317>

学会報告

ガーナで開催された ISTS に参加しました

河合 萌（東京大学大気海洋研究所）

2025 年 3 月 22 日から 27 日にかけて 43rd International Sea Turtle Symposium(ISTS43)に参加してきました。私にとっては、昨年に続いて 2 度目の参加です。今年は 43 回目にして初のアフリカ大陸、ガーナにて開催されました。



オープニングセレモニーの様子

初めガーナと聞いたときは、チョコレートのイメージしかありませんでしたが、実際に現地に到着すると、日本との意外な繋がりがあることを知りました。学会の会場に到着すると、「Goto Hall」という名前のホールがあったり、夕方になると「Japanese class」という日本語を学ぶ講義が開かれていたりするのを目にしました。のちに現地の人から話を聞くと、ホテルのオーナーが日本人だったり、ガーナに在住しながら日本語を教える日本人がいたり、意外にも交流があるそうです。Japanese class に少しお邪魔し、ガーナの人々と日本語で交流できたのは不思議な時間でした。街を歩いていると「ニーハオ！どこから来たの？」(中国人とよく間違えられます)と陽気に声をかけられることもしばしばあり、ガーナの人々は明るくて親しみやすいのが印象的でした。

学会は行動、生理、産卵、漁業、モデリング、保全など複数のセッションに分かれて発表が行われました。発表テーマも潜水生理、回遊経路、可視範囲など多岐にわたりました。特に印象的だったのは、海洋ゴミとの関連や、混獲を防ぐための漁網の開発などウミガメの保全に繋がる研究も多く発表されていたことです。また、産卵数の経年変化を調べる長期的なモニタリングの研究もあり、国際会議を通じて世界各国のウミガメ事情を知る重要性を改めて感じました。今回日本人の参加

者は私一人だけでしたが、名古屋港水族館や美ら海水族館などと連携しながら、回遊と水温の関係や採餌・繁殖時の血液成分について発表をしている、海外の研究者もいました。今年は例年に比べて参加者が少なかったようで、同時並行のセッションは 2 つしかありませんでしたが、私としては興味のある発表を聞き逃すことが少なく、またポスターも一つずつじっくりと見ることができました。

私は今回、移送実験から明らかにしたアオウミガメの移動経路の選択や餌の嗜好性について、in-water biology セッションのトップバッターとして、8 時半から口頭発表をすることになっていました。しかし発表前日の夜にちょっとした失態を犯してしまいました。スライドの提出が前日の夜までだったのですが、提出場所を勘違いしており、提出時間に少し遅れてしまいました。「今日は締め切ったので、翌朝 7 時に提出しに来て」と言われたため、次の日時間通りに会場へ向かいました。しかしいくら待っても係の人は来ず、気づくと発表 15 分前になってしまいました。提出場所をまた間違えたかと不安や焦りがどんどん増す中、ようやく係の人が来てくれ、無事にスライドを提出することができました。結局時間通りにスライドを提出できていない人が多数いたらしく、30 分遅れで発表がスタートしました。30 分遅れはこれ以降も毎日のことで、時間通りに始まる日本の学会との違いを感じました。朝一番の発表だったため聴講者が少ないかと思っていましたが、会場はほぼ満席で多くの人に聴いてもらえました。実はガーナに渡航する前日まで北海道の生態学会に参加しており、疲労や気温差に加えて、ガーナの辛い食事が体に合わなかったのか、あまり万全とは言えない体調での発表となりました。それでも発表後には、多くの方々から「興味深い発表だった」とお声がけいただき、大変嬉しく思いました。



発表したときの様子

本学会では、学生を対象としたトラベルgrantという制度が設けられており、学会運営のボランティア活動に参加することで、宿泊費の補助を受けることができます。今回私はこの制度を利用させていただきました。様々な国の学生たちと交流しながら、会場設営やイベント準備等に参加できたのは、友達をつくるいい機会でした。宿泊先は学会の公式サイトによると1泊\$130-170のホテルを手配してもらっていたのですが、前の宿泊客のバスタオルが残っていたり、断水したり、備品が足りなかったりとハプニングも続出しました。日本では考えられないような事態でしたが、ホテルの人は平然とした顔をしていました。朝食はビュッフェ形式で、ガーナ料理を楽しむことができました。ガーナの料理はお米を玉ねぎやスパイスなどと炒めたピラフ、豆やチキンの甘辛煮、ティラピアの唐揚げ、バナナのフライなどさまざまで、たまに辛すぎることを除けばとても美味しかったです。ちなみに、ガーナは世界第2位のカカオ生産国ですが、チョコレートの加工はほとんど行われていないため、一度も食べる機会がありませんでした。

今回の学会を通じて、ウミガメに関する幅広い知見を得るとともに、研究に対する多くの刺激を受ける貴重な機会となりました。最後になりましたが、研究発表にあたりご助言をくださった共同発表者をはじめ、支えてくださった皆様に、心より感謝申し上げます。



ホテルの屋上から見た街並み



ウェルカムパーティで披露されたダンス



アフリカンスタイルのプレートとガーナのお酒



独立を記念して建設されたモニュメント

雪と光が織りなす、調和の都に住む。ここは札幌。

菅野 省吾（東京大学大気海洋研究所）

新千歳空港という空港に降りたことはなかったので、とてもいい空港です。色んなお店に人がひしめき、色んな人の息差しが四方八方から聞こえてきます。国内外問わず、方々から来たと推察される出で立ちの人がいっぱいワクワクしました。空港とはこうでなくてはいい。

宿泊はすすきの周辺だったのでばしの電車移動。どこも雪が降り積もっており北海道というものを感じさせてくれました。少し電車を乗り違えてすすきのに着く頃には曇りは雪に。どうしてさっぽろ駅が二つあるんですか。

札幌市街に降り立ったのは初めてでかなり都会で驚きました。観光客も多いし、さすがは北海道の一大都市といったところ。中でも地下の発展度合いには感動しました。確かにこんなに雪が降るならそりゃ地下は発展しますよね。街中を歩いているときに気がついたんですが、道民の方達はこんな雪でよく歩けるなと思ったら靴から違うんですね。完全にスニーカーだったので何度転びそうになったことが。



図 1. 札幌市街って路面バスがあるんですね。有名なニッカウヰスキーの看板の写真は通ぶって撮ってません。撮るときよかった。

私は旅先に来たらやることがあって、まず地元のマクドナルドに入ります。実はマクドナルドの味って店ごとに違うんですよ。いや本当。今回訪れたのは「札幌すすきの店」。なかなかいい味でした。バンズがふんわりしていて素晴らしい。ポテトも揚げたてで、北海道の寒さに負けず非常によかったです。

そういえば私がこの北の大地に足を踏み入れたのは、札幌で開催された生態学会に参加するためでした。残念ながら遊びに来たわけではありません。私の発表順は2日目だったので、1日目はゆっくりと気になった発表を聞いてまわりました。規模の大きい学会だけあって多岐にわたる研究テーマがあって面白かったです。日本国内だけでなくマダガスカルの植物から聞いたこともない昆虫まで、自分の知らない世界をたくさん知れました。私は行動と細菌の人間なのでどれも新鮮に感じられてよかったです。普段なかなか会えない遠方の友人に会えるのも、やはり学会はいいなと感じました。知り合いの進捗を聞いたり、全く知らない分野の話や聞いたり。自分の研究に活かせるようなものも見られて大変有意義な1日目となりました。



図 2. 学会会場。結構駅から歩く必要があって転ぶリスクが高い。

さて2日目、私の発表当日。私の発表は細菌のセクションだったので、他のラボメンバーより一足先の発表になりました。細菌のセクションはまだ生態学会の中ではマイノリティ側のように、発表者も少なく分野外と思われる人たちからの質問が多かったです。分野が違う人にどうやって自分の研究を伝えればいいのかというのは勉強になりました。いちばん聞かれたのは、「装着したロガー類はどうやって回収するのか」でした。やっぱりイメージしにくいところなんですかね？細菌の専門家も来てくれて色々アドバイスをいただき、繋がりもできたので充実した発表になりました。



図 3. ポスター発表の会場。私のは中央の青いやつ。

自分の発表が終わった3日目は気楽にラボメンバーの様子を見ながら歩いていたら終了。一晩泊まったらあとは帰宅です。長くて遠いようで、終わってみれば一瞬のような楽しく学びある学会でした。来年の生態学会は京都らしいので、何か面白いネタで発表できればなと思います。帰りの飛行機が雪で遅れて終電がなくなったのはまた別の機会に。それでは。

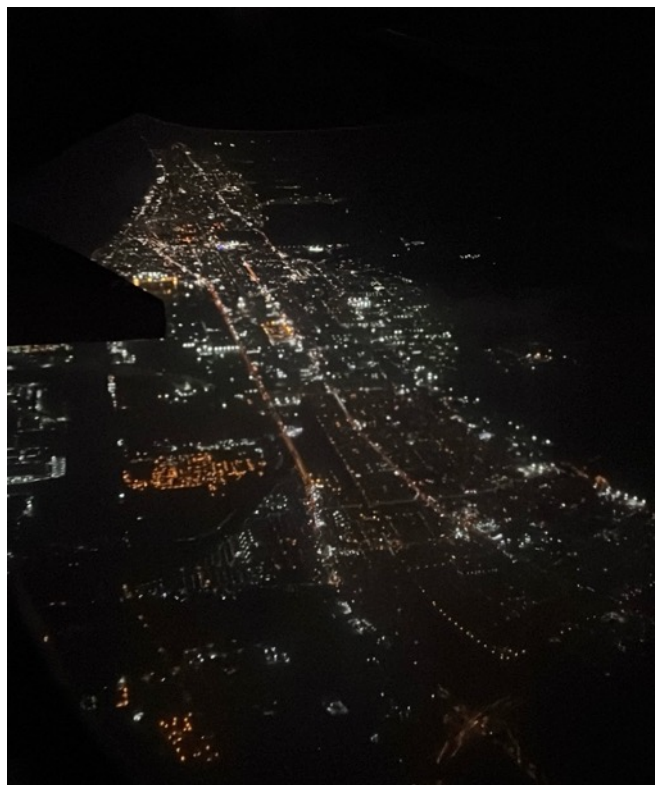


図 4. 帰りの飛行機からみた札幌市街？ピカピカでここが北海道の心臓なのだと思います。知らせてくれる。

お知らせ

BiP を使ったバイオリギング解析に挑戦~その5

・ activity_plotter: 3 軸加速度と活動量の可視化 2

渡辺 伸一 (リトルレオナルド社/麻布大学獣医学部)



本記事は、「BiP を使ったバイオリギング解析に挑戦」シリーズの第5回です。前回 (4回) では、**Anaconda** という Python 実行環境を PC に構築し、ローカルの Python 環境でデータ解析を行う手順を解説しました。今後の作業でも基本的に Anaconda 環境での解析を行いますので、環境構築と基本的な使い方については [4回の記事](#) をご参照ください。

[第3回](#)で、バイオリギングにおける加速度データの活用について解説し、加速度データを解析する Python コード ([plot_Acc](#)) を紹介しました。今回は、加速度データを解析する手順をさらに発展させ、**ODBA** と **VeDBA** という2つの活動量の指標について比較・解説します。

静的・動的加速度成分

より高度な加速度データ解析を行う前に、動物から得られる加速度データの構成について再確認しておきましょう。動物に装着した加速度センサーが記録する値には、動物の動作による動的加速度だけでなく、地球の重力に由来する静的加速度が含まれます。そのため、活動量を評価するには、これらを**分離する処理**が必要になります。

地球の重力加速度はおおむね一定 (約 9.8 m/s^2) ですが、動物の姿勢が変化すると、各軸にかかる静的加速度成分の大きさは変化します。例えば、データロガーを机の上に立てた状態では、Y 軸 (上下方向) に 9.8 m/s^2 、X 軸・Z 軸には 0 m/s^2 が記録されます。一方、ロガーを横に倒すと、Y 軸の値は 0 m/s^2 となり、X 軸と Z 軸は重力方向に応じて変化します。

動物が動くと姿勢も変化するため、記録される加速度データは動的加速度と静的加速度の合成となります。一般に姿勢の変化は比較的ゆっくり起こるため、低周波成分 = 静的加速度、高周波成分 = 動的加速度として、これらを**周波数分離**する手法が用いられています。具体的には、ローパスフィルターで静的加速度を、ハイパスフィルターで動的加速度を抽出します。

活動量の指標 : ODBA

[第3回](#)で紹介したコードでは、3 軸加速度 (A_x , A_y , A_z) から活動量の指標として **ODBA** (Overall Dynamic Body Acceleration) を算出しました。以下の式により、各軸の絶対値を合計し、重力加速度を補正しています。

$$\text{ODBA}(t) = |A_x(t)| + |A_y(t)| + |A_z(t)| - 9.8$$

ここで「 $A_x(t)$, $A_y(t)$, $A_z(t)$ 」は時点 t における前後・左右・上下方向の加速度を表し、「 9.8 m/s^2 」は静止時の重力加速度として補正のために差し引かれる値です。

しかし、実際にこの手法で算出された結果を確認すると、動物が明らかに静止していると考えられる区間でも ODBA の値が 0 にならず、一定の値を保っていることがわかりました。これは、**静的加速度成分を適切に除去できていない**ためです。

本来、Wilson et al. (2006) により提案された ODBA は、各軸の加速度にローパスフィルター (例えば移動平均) をかけて静的加速度を抽出し、そこから動的加速度を得たうえで、各軸の絶対値を合計するものです。つまり、上記の簡略式は正確な ODBA の定義とは異なり、近似的なアルゴリズムであると言えます。

VeDBA の導入

より簡便かつ実用的な指標として、**VeDBA** (Vectorial Dynamic Body Acceleration) があります。VeDBA は3軸加速度の合成ベクトルから重力加速度を差し引いた値として定義され、次式で計算されます。

$$\text{VeDBA}(t) = \sqrt{A_x(t)^2 + A_y(t)^2 + A_z(t)^2} - 9.8$$

この式では、3 軸方向の加速度から合成ベクトル (ユークリッド距離) を求め、そこから重力の影響 (9.8 m/s^2) を取り除くことで、動的加速度の大きさを近似的に得ています。ODBA が各軸の絶対値の総和であるのに対し、VeDBA は三平方の定理に基づいた合成加速度です。姿勢による重力ベクトルの変化を一括して扱えるため、静的加速度の分離処理を省略しても比較的精度の高い評価が可能です。

activity_plotter.py を実行

3 軸加速度から ODBA および VeDBA を算出し、グラフとして可視化する Python コードを紹介します。

このコードでは、任意の時間間隔での累積 ODBA・VeDBA 値を棒グラフ表示する機能を追加しています。

実行手順（Anaconda Prompt 使用）: Anaconda Prompt の詳しい手順は、[前回記事](#)をご覧ください。

1. 初めて使用する場合は、以下のコマンドを実行して必要なライブラリをインストールしてください（2回目以降は不要です）。

```
pip install pandas matplotlib numpy
```

2. 以下の2つのファイルを同一フォルダ（例: C:\BiP-Analysis）に保存します。

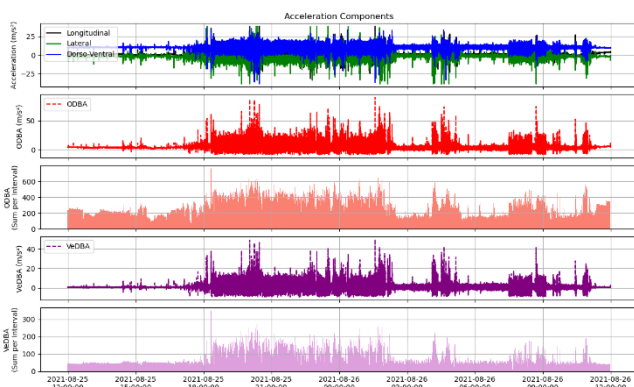
- [data2.csv](#) : 加速度データ: BiP に公開されている オオミズナギドリ のデータ (Katsufumi Sato, AORI, University of Tokyo) の一部を使用しています。
- [activity_plotter.py](#) : 加速度データを可視化する Python スクリプト

3. 保存したフォルダに移動し、以下のようにスクリプトを実行します。

```
python activity_plotter.py
```

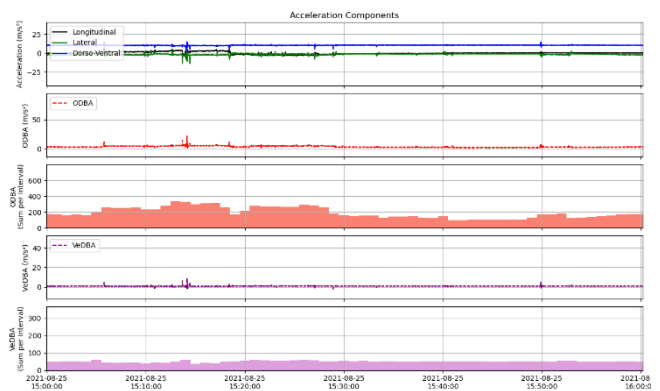
コードを実行中、以下の情報を順に入力します。
未入力の場合は () 内の規定値によってグラフが表示され、同フォルダ内に "元ファイル名"_activity_plot.png として保存されます。

- ファイル名 (例: **data2**)
- 集計間隔 (規定値: **60 秒**)



ODBA と VeDBA の比較

表示されたグラフをもとに、ODBA と VeDBA の集計値を比較してみてください。おそらく、動物が静止している区間では VeDBA は 0 に近い値を示しますが、ODBA は常にある程度の値を記録しているはずです。これは、ODBA の簡略式では静的加速度を十分に除去できていな



いためです。

正確な ODBA を得るには、Wilson et al. (2006) が提案したようなフィルター処理によって静的成分を取り除く必要があります、そのためには一定の計算コストがかかります。逆に、VeDBA のように単純な式で近似できる指標は、ロガー端末内でのリアルタイム処理にも適しており、応用性が高いと言えます。

Bidder et al. (2013) は、ヒトを対象に、平坦地や傾斜地などさまざまな地形条件下での移動を調査し、ODBA と VeDBA を比較しました。その結果、傾斜などで姿勢変化が大きくなる環境では、VeDBA の方が安定して移動速度の指標となることが示されています。

本記事では、加速度データから得られる活動量の指標として、ODBA と VeDBA の違いや利点・限界を紹介しました。今後は、CWT (連続ウェーブレット変換) など、より詳細に行動パターンを分析する手法も紹介していく予定です。

引用文献

Bidder OR, et al. (2013) Correction: On Higher Ground: How Well Can Dynamic Body Acceleration Determine Speed in Variable Terrain?. PLOS ONE 8(11): 10.1371/annotation/7715d163-4965-40b1-bc92-68241d9bbe88.

Wilson RP, et al. 2006. Moving towards acceleration for estimates of activity-specific metabolic rate in free-living animals: the case of the cormorant." Journal of Animal Ecology 75.5: 1081-1090.

事務局からお知らせ

■今年度より事務局を務めます、名古屋大学・生態学講座です。昨年度の総会および今月はじめのメールでご案内した通り、夏（7月頃を予定）から、会員情報の変更・確認や会費の振込・確認をオンラインで行える電子システムを導入いたします。現在、準備を進めておりますので、会費納入および住所変更はシステム導入が完了するまで、今しばらくお待ちください。ご不便をおかけしますが、どうぞよろしくお願いいたします。

バイオロギング本のご案内

■絶版となる前には是非お求めください！ 出版社「京都通信社」の Web ページから購入できます（バイオロギング 1 は廃版となりました）。

<https://www.kyoto-info.com/kyoto/>



編集後記

■新天地での新年度、慣れない新生活にあたふたしつつも、目新しい風景、そして初顔合わせの人々との交流に、心機一転のフレッシュな気分で過ごしています。調査地の新規開拓も楽しみです【MAY】

■アザラシの調査のため北極のニオルスン基地に滞在中。バイオロギングの調査をしながら、バイオロギングのデータを解析し、合間にバイオロギングの本を書きつつ、バイオロギング研究会会報を編集するという生活【YW】

