



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. 161

発行日 2020年1月29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

ウミガメが改善する水温季節予報

佐藤克文 (東京大学大気海研究所)

学会報告

国際海生哺乳類学会@バルセロナ

岩田高志 (東京大学大気海洋研究所)

コラム

気になる 2020 年代

内藤靖彦 (国立極地研究所)

バイオロギングについて

中村文哉 (立川市立第一小学校)

「SRDL を背負って海に戻るヒメウミガメ」
撮影者: 佐藤克文 (東京大学大気海研究所)

ウミガメが改善する水温季節予報

佐藤克文（東京大学大気海洋研究所）

待ちに待った論文が公表されました。これまでバイオロギングデータは様々な動物の行動や生理を調べることに用いられてきました。他の研究分野にも使えないだろうかと思い、数年前から気象学や海洋物理学の研究者と共同研究を進めてきましたが、ようやく期待していた成果が出ました。

動物が海洋物理環境を測定する先行研究としてはセントアンドリュース大学の Sea Mammal Research Unit が開発した Satellite Relay Data Logger (SRDL) をアザラシに付けて、南極海氷床下の水温・塩分構造を明らかにするプロジェクトが有名です。このプロジェクトを主導してきた Mike Fedak さんは「最初は誰も相手にしてくれなかったが、ようやく皆を驚かせる成果を出すことができた」といって喜んでいました。私たちは同じ SRDL をウミガメ類に搭載し、回遊経路と水温鉛直プロファイルを測定することを 2010 年から続けてきました。東北沖の水温データを JAMSTEC の宮澤泰正さんに提供し、大型計算機を使った日本沿海予測可能性実験(JCOPE)で、ウミガメデータを同化した効果を調べてもらいました。まず、ウミガメ由来の水温データは、アルゴフロートなどの既存のシステムによるデータと高い相関を持っていることがわかりました。さらに、ウミガメデータを使うと東北沖の暖水塊や冷水塊の構造がよりはっきりと把握でき、データ同化の影響はウミガメの潜水深度よりも深く、ウミガメの回遊範囲よりも遠方にまで波及することが判明しました(Miyazawa et al. 2019. Ocean Dynamics)。これらの結果は、ウミガメ由来の水温情報が、大型計算機内に構築された仮想海洋の精度を上げることに役立つことを意味しています。現状が正確になれば、将来予測の精度も向上すると信じていましたが、ようやく今回の研究成果が得られたというわけです。

2017 年の 6 月に当研究室のポスドクだった福岡拓也さんに、インドネシア西パプア州のヒメウミガメ産卵場で産卵上陸してきた 5 頭に SRDL を取り付けてもらいました。てっきり北東の太平洋側へ泳ぎ出すものと思っていた予想を裏切り、5 頭のウミガメはニューギニア島を反時計回りに迂回して南側のアラフラ海へ回遊し、毎日数十 m から 100m 以上の潜水を繰り返しました。アラフラ海というのは水深が 300m 前後の浅い海で、まわりを島やオーストラリア大陸で囲まれています。そのため、水面下の水温鉛直プロファイルを測定する目的で世界中の海で稼働している自動昇降型

漂流ブイ(アルゴフロート)による水温データがほとんど無い海域です。観測空白海域ならば、ウミガメ 5 頭が 3 ヶ月間にわたってほぼ毎日送ってくる水温データの希少価値は高まります。そこで、JAMSTEC の土井威志さんにそのデータを渡し、スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」で動く気候モデル SINTEX-F を基盤とした季節予測システムでウミガメデータの効果を調べてもらいました。

ウミガメ由来の水温データを季節予報システムに取り込んで、2017 年 8 月の海況から 11 月の海表面水温を予測しました。ウミガメデータを取り込まずに予測すると、11 月のアラフラ海の表面水温平均値は、平年に比べて 0.2℃程低いという結果になりましたが、ウミガメデータを取り込むと、平年に比べて 0.4℃程高くなると予想されました。人工衛星を使って実測された海表面水温は平年と比べて 0.4℃程高くなっていたので、ウミガメ由来の水温データが季節予報を改善させたこととなります。

今回の結果は一つの成功事例にすぎないので、動物由来のデータがいつでも気象予報に良い影響をもたらすかどうかは今後検証すべき課題です。しかし、今後たくさんの動物由来のデータが収集され、国際的な海洋観測システムに統合されることで、日本を含む世界各地の季節予報が飛躍的に向上するかもしれません。



SRDL を背負って海に戻るヒメウミガメ。2019 年 6 月、佐藤克文撮影。私も西パプアへ行ってきました。

Doi T, Storto A, Fukuoka T, Suganuma H, Sato K (2019) Impacts of temperature measurements from sea turtles on seasonal prediction around the Arafura Sea. *Frontiers in Marine Science* 6:719

国際海生哺乳類学会@バルセロナ

岩田高志（東京大学大気海洋研究所）

2019年12月、スペインのバルセロナで開催された国際海生哺乳類学会（World Marine Mammal Conference）に参加してきました。2年に1度開催されるこの学会は規模が大きく、今回も参加者2500名、1600件（口頭600件、ポスター1000件）を超す発表がありました。分野は多岐に渡っているもの、バイオロギング手法は様々なセッションで使われていました。「行動生態」ではもちろん、「水中ノイズの影響」「生息地」「コミュニケーション」「生理学」「採餌生態」「新技術」「極地生態」などのセッションで登場し、バイオロギングは海生哺乳類科学に大きく貢献していることは明らかでした。

新技術のセッションでは、ドローンAがあらわれた、ドローンBがあらわれた、ドローンCがあらわれた、と言わんばかりのドローンを使った研究発表ばかりで、げんざりしていたところ（もはや内容も覚えていないという…）、一際目立つというか個人的に惹かれる発表がありました。それは、イギリスのセントアンドリュース大学の研究者が開発した魚群探知機搭載（魚探）のロガー（DTAG）をゾウアザラシの頭に載せ、捕食イベントを捉えるというものでした。得られた魚探の映像には魚影が確認でき、その魚影はアザラシの目の前まで近づいた後に消えるという様子が映っていました。このロガーは加速度センサも搭載しているので、アザラシが捕食を試みた時に、そのイベントを検出することができます。魚探と加速度のデータを照合してみると、魚探から魚影が消えたタイミングで加速度センサに捕食を試みるイベントが記録されており、発表では「このロガーを使うことで捕食の成功の有無がわかります」と結論づけていました。（え？捕食の成功の有無？いやいやいやいやそれはないでしょ。アザラシが捕食を試みたけど失敗して餌がそのままアザラシの後ろに泳いでいったら、加速度には捕食を試みるイベントが検出される上に魚探から魚影は消えるじゃん）と思いきり心の中で否定している自分がいたものの、このロガーは確かに新技術であり正直凄いと感じていました。魚探ロガーの優れている点は、周りの明るさに左右されず、暗闇でも餌生物の有無を記録できること、ある程度離れたところ（発表を見ている感じだと数メートルから十数メートル？）から餌生物が近づいてくる or 餌生物に近づいていく様子を確認できることだと思います。また、比較的小型であり、ペンギンにも装着できるサイズという点もバイオロギングツールとして汎用性

が高いと思いました。そして小型にも関わらず、バッテリー寿命が長く、間欠撮影を設定すれば1ヶ月間以上撮影可能とのことでした。凄い。

僕自身は、シロナガスクジラの鳴音についての発表をしました。データロガー装着中にシロナガスクジラの唸り声（ガルル or グルルみたいな音）が記録されており、この音の役割について専門家からの意見をもらいたいと思い、発表に臨みました。僕の見解としては、唸り声は水圧による体内のガス容量が大きく変化する深度10メートル付近で発せられることから、クジラの鳴音というよりも体内から出てしまっている音、ゲップ的なものじゃないかと考えていました。そのため、音響、解剖、生理の専門家を捕まえては話を聞いてもらうことにしました。「そんなバカな」、「いやないでしょ」、「その音はさあ…」みたいな意見をもらって、「なるほどそういうことね！」となる予定だったのですが、みんな口を揃えて、「興味深い鳴音だね」「ゲップ？面白い意見だし可能性としてあるかもねえ」とこちらとしては若干消化不良な感じで終わってしまいました（ということはゲップということで良いのか？）。その代わりに、発表を聞いてくれた人がこの唸り声について意見をくれそうな専門家を学会が終わったあとにメールで紹介してくれました。今まさにその専門家とメールで意見を交換している最中です。このように知り合いが増えていくのは学会で発表する醍醐味の一つだと思います。自分でこんなことを言ってしまうと元も子もないのですが、たとえ「シロナガスクジラのゲップの音が取れました！」となったところで、**だからなに？**、というのが現状です。次はそれに対するおもしろいストーリーを考えなくては…。



写真. 開会式の様子。

気になる 2020 年代

内藤靖彦 (国立極地研究所)

昨年末に原稿を依頼された。準備しているものもないので、年末の会合で昨今の気候変動問題が話題になった。そこでの三つの話題をここに紹介することにした。環境問題は対策と検証に長い時間が必要である。最低 10 年、さらに 10 年と時間のかかる問題である。技術や社会システムに大きな変革を必要とする課題である。

気候変動枠組み条約における 2020 年代問題

新年早々なので希望に満ちた明るい未来を語りたところだ。が、なかなかそのような気分になれないのは昨今の温暖化の問題のためであろうか。温暖化の原因物質である大気中二酸化炭酸ガス(CO₂)濃度は415ppmを越え、未だ減少過程に入っていない。CO₂濃度は私自身21次越冬隊員(環境モニタリング観測担当)として1980年に担当した項目である。当時温暖化物質として注目され始めていた頃のことである。しかし、地球の温暖化が早急に起こるとは思われていなかったし、当時の計測値340+ppmが「何年後に400ppmを越すのかなあ、…」と、温暖化が切迫した状況になるとは実感していなかった。しかし、400ppmは2016年に越えてしまった(図1)。温暖化の影響が現実のものとなり世界各地で異常高温、早魃、海面上昇、集中豪雨、スーパー台風が頻発する事態に至ってしまった。このような事態を止めるため国連は国連気候変動枠組条約を1992発効させ、締約国会議(Conference of the Parties: COP)を1995以降毎年開催し、温暖化ガスの排出量削減方法について検討を行ない、国際的な取り決めも行っている(京都議定書-COP3:1997年、パリ協定-COP22:2016)。当然会議には科学的知見が必要である。科学的知見を提供しているのが国際連合環境計画(UNEP)と国際連合世界気象機関(WMO)が共同で設立した気候変動に関する政府間パネル(IPCC)である。IPCCは世界の専門家数千人が参加して数年に一度気候変動に関する評価報告書(Assessment Report)をまとめている。最も気候変動の実態を把握している国際的機関である。最近の特別報告書(2018)は2017年に世界の気温上昇(年平均気温)は産業革命前の平均気温を1.0℃越え、2030-2052年には1.5℃に達するとしている。その時の影響を種々予測し、1.5℃以内に抑制することが重要と指摘している。この抑制ためにはCO₂排出量を2030年までに排出量45%削減、2050年までに排出量を実質0にする必要があるとしている(報告書は2℃上昇についてのシナリオ、悲

観的なものだが、を用意している)。果たして今後10年間で排出量45%削減の目標達成は可能だろうか?極めて達成困難な目標のように思われる。理由は人間の行動システムが早急な削減に向いていないように見えるからだ。

誕生以来、言葉を覚え、道具を手に入れて、鉄器を作り、農業を興し、そして労働力を必要とするようになると、家畜、奴隷を使い、そして貨幣までもあみだしたのが人類である。最近話題の人類史学者のユバル・ハラリが著書「ホモデウス」でいうところの「認知革命」により人類は巨大都市を築き、精緻な巨大社会を形成した。巨大社会を可能にしたのが機械革命であり、効率と成長を促す資本主義である。システムは効率を求め、交通、物流、通信、情報のネットワークを構築してきた。それを可能にしたのがエネルギー革命である。家畜、奴隷、石炭、石油、原子力と増大するエネルギー消費のためエネルギー開発を絶え間なく行ってきたのが人類である。巨大社会の維持と効率的な活動にエネルギーは不可欠である。以上のような歴史的流れに抗ってCO₂排出量をたった10年で削減ベクトルに向かわせることが可能なのか。当然排出量削減の条件は「我々の活動を制約することなく」である。解決の鍵はクリーンエネルギーの創出である。風力、太陽光などの自然エネルギーの利用だ。IPCC報告書は代替エネルギーの必要性を強く指摘しているが、排出CO₂の封じ込め(地中・深海)の必要性も同時に指摘している。報告書は温暖化について起こりえる影響について色々なシナリオを提示しているが、それだけに終わらない話もありそうだ。効率を求めて、その結果均質的に、精緻にネットワーク化された人類の巨大社会は地球のほぼ全域に展開されている。しかし気候変動は地球上に均一に起こらない。環境格差や地域格差を産む。効率化と成長により緩和していた社会的均衡に破綻が生じつつある。乾燥化などの環境格差は既に難民問題として出現している。現在ヨーロッパなどで進行している難民問題は、ヨーロッパの統合という均質社会形成と逆の方向に進んでいる。少なくとも政治のレベルはヘテロの方向に進んでいるように思える昨今である。民族、地域における摩擦が各地で顕在化している。この面からも人類は地球環境収容力限界を迎えたのではないかと思われる。人類が築いてきたシステムが問題に直面している。環境調和型システムの早急な構築が求められている。CO₂排出量削減のためクリーンエネルギーの開発とAIなどによる

エネルギー利用の効率化が求められている。曲がり角の10年間を注視していかなければならない。以上は人類の将来を左右する2020年代について考えたことである。もちろんバイオロギングとは直接関係ない話で申し訳ないが、...

「南極海の海水急減か？」の問題

昨年南極海の海水の張り出しが急減していると報道された(図2)。世界各地で温暖化が報告される中で南極だけが例外的に温暖化現象が報告されていない。むしろ、南極海の海水張り出し面積は過去40年間増加傾向にすらある。南極でも南極半島域やスコシア海域では温暖化が進んでいるが、東南極を中心にその他の地域では温暖化の報告はない。理由は不明らしいが(オゾンホールとの発生と関係するという話もあるが、...)。その原因を求めるより気になることがある。南極海の生態系への影響である。南極海の生態系は極めてユニークとされ、たった1種のナンキョクオキアミが巨大な南極海洋生態系の中心鍵種となっている点である。クジラ、アザラシ、ペンギン、飛翔性海鳥類、魚類、頭足類がこのナンキョクオキアミに依存している。この構図はとてもシンプルと思われた。当然この構図のどこかに異変が現れれば、影響はどこに現れるかの予測が可能な構図である。かつて南極海で大掛かりな捕鯨が行われ鯨が激減した。その結果余剰のオキアミが生まれたはずと考えられた。しかし、1990年代にはこの再配分は既に終わり、生態系は安定したはずなのに、南極半島やスコシア海域ではオキアミが減少し、ペンギンの一部も減少しているとの報告が続いた。これはこの海域の温暖化により海水域が後退し、オキアミの幼生が越冬する海水の減少(消失)のせいであるという説が多数発表された。もし、この説が正しいなら南極の海水が全域で減少した時の影響は計り知れない。多くの高次捕食者の餌が失われることになるからである。しかし、海水とオキアミの関係、特に冬季の調査はほとんど無く、「海水とオキアミ」の話は仮説的であるし、そもそも海水の生態的機能も未知な部分が多い。今後の南極海の海水や生態系の推移について南極海の冬季の観測を含めて最低10年、国際協力により生態系の変動とその影響について監視が必要がある。

「動物地理学的異変か？」の問題

「動物地理学的異変せいかな？はたまた異常気象のせいかな？」キタゾウアザラシが日本沿岸へ出現したのである。最初は1989年の東京都新島への出現である。このようなことは当時予測されていなかったためか、珍しい例としてMarine Mammal Science誌に報告された(Kiyota et al. 1992)。出現は若齢ワンドリング個体によるものであり、北東太平洋での個体数の増加によ

るためであり(カリフォルニア・メキシコ沿岸に繁殖場)、今後も出現すると予測した。予測通りこのアザラシは千葉県館山市と山形県鶴岡市にそれぞれ2001年と2017年に出現した。日本沿岸には多くの海生哺乳類が数多く漂着している。変わった例ではホッキョククジラやシロイルカの例もある。例数が多い種類では海水繁殖型のアザラシやトド、オットセイである。いずれも北方系の動物で寒流の張り出しと関係していると考えられた。北方系とは言えないキタゾウアザラシの出現は過去に例がなく、僅かに3例であるが気になる話である、多くの大型哺乳類が減少しているのに、こ

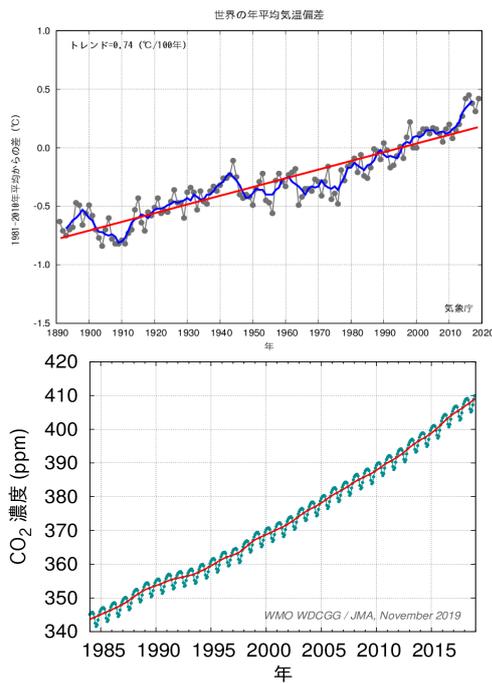


図1. 世界の平均気温上昇(上)と二酸化炭素濃度の推移(下)。気象庁ホームページ各種データ・資料より。

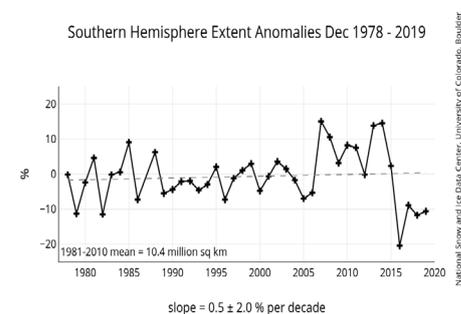


図2. 南極海の海水張り出し面積の変化 (National Snow and Ice Data Center, University Coloradoより)

の種がなぜ増加しているのか、どのようにして太平洋を渡ってきたのか疑問が尽きない。海洋で何かが起こっているのではないか気になる話である。

以上3つの話題はいずれも温暖化と気候変動の問題である。この問題は長く動向を注視して、対策の効果を検証する必要がある。気候変動は海洋動物にも大きな影響を与える。酸性化、脱酸素化など多様な視点から生態系や多様性について監視が必要である。従来にない新しいバイオリギングが必要になってきたと思われる。若い皆さんに大いに期待したい。

バイオリギングについて

6年3組 中村文哉

バイオリギングの説明

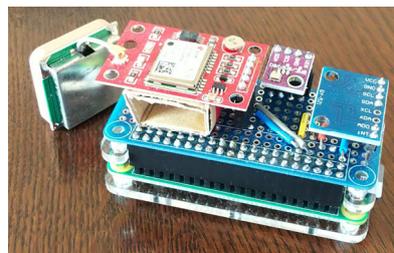
- センサーを使って、動物の行動を計測します

リトルレオナルド社製ORI400-D3GT
三軸加速度・圧力・温度 9g



<https://www.ipros.jp/product/detail/2000414665>

自家製データロガー
GPS・三軸加速度・温度・湿度 55g



Raspberry Pi Zero使用

調べたきっかけ

- 渡辺先生の本を読んで興味を持ちました
 - 渡辺佑基（著）「ペンギンが教えてくれた物理のはなし」
（河出書房新社、2014）



予想

- バイオロギングは色々な分野の研究に応用されている



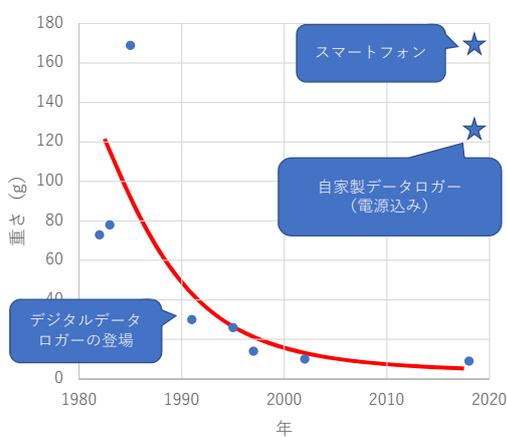
調べたこと

- バイオロギングの本を読む
- 日本バイオロギング研究会の研究者へのアンケート



調べたこと 1

本にでてきたデータロガーの重さ



- 魚や大型の動物から、鳥の研究にも使えるようになってきている
 - 人の行動の研究もある
- 魚が好む温度がわかる、ジュゴンの社会行動がわかるなど生態系の保全に役立っている
- これからは、カメラや音センサーを使って、動物たちの間のコミュニケーションの研究にも使えるようになるかも

調べたこと 2

- 1) 大学に入ってからバイオロギングの手法を知った人が多い
- 2) バイオロギングの楽しさ
生物の謎がだんだんわかってくるところ
- 3) これから研究したいこと
回答がいろいろ。
バイオロギングが様々な分野に応用できることがわかった
- 4) 研究者になるためにはどのような勉強をするべきか
あらゆること。全て
- 5) みんなに伝えたいこと
何か熱中できるものを見つけてください

まとめ

- バイオロギングは生態系の保全に役立つ手法
- センサーが軽くなって、色々な動物の行動を記録できるようになった
- 研究者の人たちも楽しみながら研究している
 - 研究者になるためには全部のことに興味を持って勉強すること
 - 体力も必要
- バイオロギングを使う色々な研究のアイデアを考えてほしい
- バイオロギングの楽しさを広めてほしい

参考文献・出典

- 日本バイオロギング研究会（編）「バイオロギングー最新科学で解明する動物生態学」（京都通信社、2009）
- 日本バイオロギング研究会（編）「バイオロギング2ー動物たちの知られざる世界を探る」（京都通信社、2016）
- 渡辺佑基（著）「ペンギンが教えてくれた物理のはなし」（河出書房新社、2014）

- イラストは「いらすとや」（<https://www.irasutoya.com/>）の画像を使用しました

アンケートにご協力いただいた方々

- 木村里子先生 京都大学
- 坂本亘先生
- 佐藤克文先生 東京大学
- 牧口祐也先生 日本大学
- 宮山大様 東京大学大学院
- 渡辺伸一先生 福山大学

事務局からのお知らせ

先日、お送りしたカレンダーですが、住所不明で多数戻っています。住所変更がお済みでない方は事務局までご連絡をお願い致します。
また、会費が未納の方は振込みをお願い致します。



【S.K.】