

新学術領域研究（研究領域提案型）

南極の海と氷床



News Letter vol.2



発行・問い合わせ先

新学術領域研究「南極の海と氷床」事務局

〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3

情報・システム研究機構 国立極地研究所

Tel : 042-512-0711

E-mail : office@grantarctic.jp

<http://grantarctic.jp>

発行日 2018.12.3

文部科学省 科学研究費助成事業「新学術領域研究（研究領域提案型）」

熱－水－物質の巨大リザーバ： 全球環境変動を駆動する南大洋・南極氷床

Giant Reservoirs - Antarctic

南極の海と氷床

News Letter vol.2



アイスコアから復元した海水温とCO₂濃度の変動

琉球大学理学部 植村 立

過去100万年間には、氷期・間氷期サイクルと呼ばれる約10万年周期の大きな気温変動があったことが知られています。このサイクルでは南極の気温変動はCO₂濃度と似た変動パターンを示すことが知られていました。地球温暖化を訴えた有名なアル・ゴアの「不都合な真実」でも、南極の気温変動とCO₂濃度が類似していることを示して、CO₂濃度の増加と気温上昇がリンクしていることを訴えています。

大気中のCO₂濃度は北半球と南半球で濃度差があるものの、数百年の平均値で見れば空間的にはほぼ均一です。しかし、気温変動は地域によって大きく異なります。実際に北極のグリーンランドの気温変動と南極の気温変動との間には一貫してズレが存在します。

それでは、なぜ南極の気温とCO₂濃度を比べるのでしょうか？おそらく、(1)CO₂濃度変動が南極アイスコアから復元されている、(2)数十万年間に及ぶ定量的な気温復元データが少ない、(3)同じアイスコアから復元しているので同じ時間軸で対比が可能である、等々が理由でしょう。つまり、南極の気温と比較する物理的な理由はありませんと思われます。

大気中のCO₂濃度が変動するメカニズムとしては南極の気温ではなく、南大洋が重要な役割を果たしていると予想されています。気候モデルでは、炭素循環が海水温に関係していることが予想されていました。

そこで、我々の研究(Uemura et al., 2018)では同じ時間軸の上で過去72万年間にわたる南極と周辺海域の温度変動を正確に復元することを試みました。手法としては、南極ドームふじアイスコアから酸素と水素の2種類の同位体比(¹⁸O/¹⁶Oと²H/¹H)データを測定し、両者を組み合わせて解析をしました。これによって、雪として凝結した南極の気温に加えて、降雪をもたらした水分子が蒸発した海域の温度も推定しました。「周辺海域」というのは、「雪をもたらした水分子が蒸発した海域」のことです(図1左)。周辺海域の水温も復元したデータとしては、これ

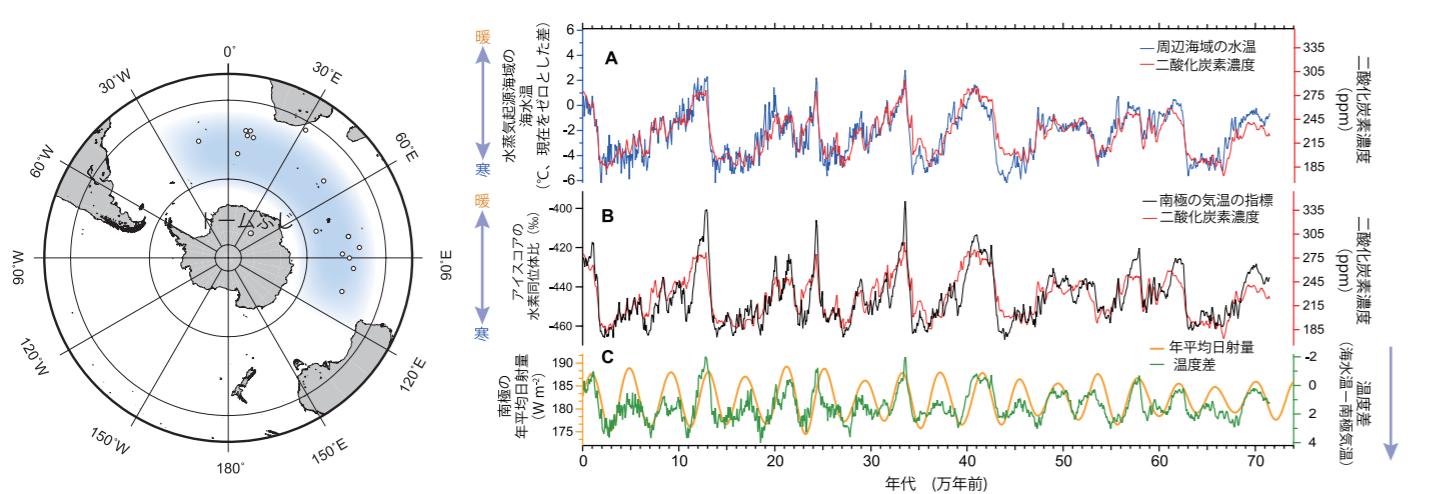


図1 左図：ドームふじコアとその水蒸気起源海域（水色）。丸い点は海底コアの掘削地点。右図：温度と二酸化炭素濃度の比較。(A) 南極周辺海域の水温(青線、本研究)と大気中の二酸化炭素濃度(赤線、複数のアイスコアのデータ)。(B) 南極の気温(黒線、本研究)と二酸化炭素濃度(赤線)。(C) 周辺海域と南極の温度差(緑線、本研究)と南極の年平均日射量(黄線)

南極の気温が4万年周期の自転軸傾斜角の影響を受けていることとCO₂変動との関係については、我々のアイスコア論文と前後して、2つの説が発表されました。詳細な議論はここでは避けますが、それぞれ固体地球との相互作用と降雪量の季節変動という全く異なる時間空間スケールから同じトピックが議論されています。1つは、海水準の変動によって中央海嶺の火山活動が活発化することでCO₂濃度が変動するとする説 (Hasenclever et al., 2017)、もう1つは南極の気温復元が降雪の季節変動のバイアスを受けている(Erb et al., 2018)という論文です。

今回の我々のアイスコアの研究は、長期間(数1000年平均)の準定常状態として気候システムを観測した場合に、CO₂と海水温の間に強い相関関係があることを明らかにしました。現在の現象の観測研究をされている方々からするとあまりに単純な関係で捉えどころなく感じられるかもしれません。一方で、俯瞰的に見れば、単純な関係性が成立するという事実は、「説明は簡単な方が良い」(最節約原理: the principle of parsimony)という観点からは、南大洋とCO₂の関係

に潜む本質的なメカニズムを反映しているとも捉えられます。南大洋と深層水循環、炭素循環が背景にあるメカニズムなら、この相関関係はいつ頃から始まったのか？鮮新世の温暖期(500万～300万年前)にも同じような関係性は維持されるのか？等の疑問も生じます。今後、新学術領域研究の新しいアイスコア・堆積物や気候モデルによる研究によってこれらの謎の解明に取り組んでいきたいと思います。

[文献]

Uemura et al., *Nature Communications* (2018) 9:961, DOI: 10.1038/s41467-018-03328-3
Hasenclever et al., *Nature Communications* (2017) 8:15867, DOI: 10.1038/ncomms15867
Erb et al., *Nature Communications* (2018) 9:1361, DOI: 10.1038/s41467-018-03800-0



植村立(琉球大学理学部准教授)
東京工業大学博士課程修了。日本学術振興会特別研究員(国立極地研究所)、海外特別研究員(フランス気候・環境科学研究所)、琉球大学助教を経て、2013年より現職。専門は同位体地球化学・古気候学。本領域では、氷床班において、氷床コアの同位体解析を担当する。

南極氷床表面質量収支高精度推定手法の確率

気象研究所の庭野匡思と申します。私は、地球の気候システムにおける大気－雪氷相互作用に興味を持っており、雪氷圏における気候変動メカニズム解明に資する研究をしたいと考えています。現在の主な研究フィールドはグリーンランド氷床と北海道です。現地観測と、私が主導的に開発してきた積雪変質モデルSMAP・領域気候モデルNHM-SMAPを組み合わせる多角的なアプローチを取りながら、上記目標のハイレベルな達成を目指しております。南極には行ったことがありませんが、グリーンランド氷床上には、2012年から現在にかけて、現地観測のために計7回・通算80日以上滞在しております。2018年は、春と夏に2回、現地観測を実施しました。特に、春の観測では、共同研究者2名(山崎哲秀氏、山口悟博士)とともに犬橇を使って氷床上多点雪氷観測を行うことを試み、成功に導きました(図)。折しも2018年は、かの伝説的探検家、植村直己氏のグリーンランド氷床単独犬橇縦断から40年後にあたることから、一生の思い出となりました。



本新学術課題では、NHM-SMAPを南極に適用し、南極で進行している気候変動の実態解明に貢献したいと考えております。どうぞ、よろしくお願ひいたします。



地表面フラックス見積りスキームの改良とそれによる南極域氷床の表面質量収支評価改善

理化学研究所 西澤誠也

理化学研究所計算科学研究センターの西澤と申します。気象力学を専門としており、最近は主に大気中の乱流に関する研究を行っています。大気数値モデルの開発や「京」コンピュータなどスパコンを用いた大規模シミュレーション実験を行っており、大気乱流のようにこれまで見ることが難しかった時空間スケールの小さな現象の解明を目指しています。小さなスケールの現象が大きなスケールの現象に大きな影響を与えることはとても興味深いです。本新学術領域研究では、数値シミュレーションにおける地表面と大気間の熱や物質の交換量(地表面フラックス)の見積もりスキームの改良に取り組んでいます。氷床の地表面質量収支の見積もり精度の改善に貢献できればと考えています。本領域には多様な分野の研究者の方々が集まっておられるため、普段接することのない研究に接することができると期待しています。さまざまな観点からの議論を通して自分の視野を広げたいと思っております。どうぞよろしくお願ひいたします。



衛星高度計による南極海海氷域の海洋循環の解明と周極深層水の輸送経路の推定

東京海洋大学 溝端 浩平

東京海洋大学の溝端です。公募課題では衛星高度計を用いて、南極海海氷域の海洋循環の解明と周極深層水の輸送経路の推定を行います。これまで、衛星リモートセンシングで今まで見えなかった海の姿をあぶり出し、その姿の変動要因を明らかにすることを念頭に研究を行ってきました。特に私が得意とするものは衛星海面高度計を用いた研究です。衛星データで必ずNo Dataとされている海氷域で、どうすればよいかを考えてきた中で、ようやく北極海の海氷域で海面高度を導くことが可能になり、今回の公募課題につながっています。ただ、単純に北極海での手法を南極海に適用するだけではうまくいかないため、どう克服するかが腕の見せ所です。海氷域で海面高度から得られる海洋循環の情報は、周極深層水の輸送経路や生物分布の理解にも役立つと考えています。また、底層水温や生態系班の方々と連携し、現場観測と衛星観測の2方向から新学術にふさわしい新しい教科書となるような知見を得られるよう頑張りたいと思います。どうぞよろしくお願ひいたします。



高精度薄氷厚推定アルゴリズムの開発とその氷厚を用いた海水生産量データセットの作成

苫小牧工業高等専門学校 二橋 創平

私はこれまで沿岸ポリニヤにおける薄氷厚推定アルゴリズムの開発を、マイクロ波放射計による衛星観測データを用いて行ってきました。この薄氷厚を用いた熱収支計算から、海氷生産量を見積もることができます。しかし従来のアルゴリズムは、最大で10 cm程度の誤差を含んでいました。これは生産量の見積もりに数倍程度の違いを引き起こす可能性があります。一言で薄氷といつても、実際には様々な種類があります。そこで薄氷の種類を考慮することにより、今までより格段に精度の良いアルゴリズムの各マイクロ波放射計センサーで開発を行い、最長で30年近い連続した南極海沿岸ポリニヤ域における高精度の海氷生産量データセットを作成すること目指していきます。最後に簡単な自己紹介です。高専では授業数が多く、週末にも寮や部活での仕事があるのでなかなか時間が取れないので、自転車に乗ることを趣味としています。心身のリフレッシュになるとともに、かけがえのない仲間ができて最高のスポーツです。



南極大気中の硫酸安定同位体組成の季節変動を再現する大気化学輸送モデルの構築

東京工業大学 服部 祥平

「南極の海と氷床」が僕にとって初めての新学術領域研究との関わりになるので、この種目の意味を考えていました。基盤でも若手でもなくどうして新学術なのか、申請時のグループ以外に公募班を募ることでその先に何を見据えているのか、とか。新しいことをやる、というのはサイエンスの基本です。けど、普段の生活ではどうしても思考が無意識に規定・制約されてしまうし、そのせいで可能性を閉じてしまっていることがあります。そういう閉塞感から自身を開放し、限界も常識も疑い、分野の境界さえ取っ払って考えるための起爆剤、という意味で新学術は意味を持つはず、と思っています。一つのグループでは到底なし得ないスケール・ビジョンを共有・具現化しなんならそこにならざらな若者を巻き込む…なんだかわくわくしません?いつか後世から見て、「あの人たちは、あの頃にあれを考え始めていたのか…」と言ってもらえるような、そんな良い意味での徒党が組めればと思います。どうぞよろしくお願ひいたします。



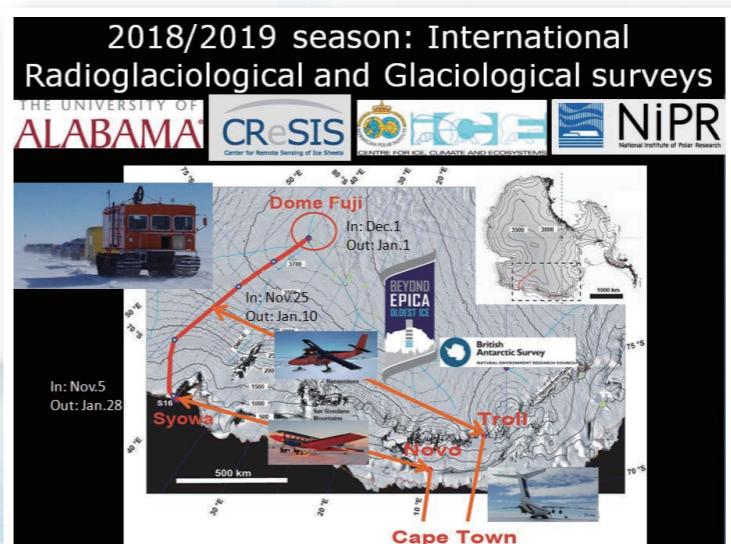
国際研究動向調査派遣事業「IPICS oldest ice meeting および POLAR2018 Open Science Conference 発表参加」報告

国立極地研究所 藤田 秀二

目的: 「IPICS oldest ice meeting, Davos」と「POLAR2018 Open Science Conference」へ参加した。これらの会合への参加やプレゼンテーションを通じ、「最古のアイスコア」掘削についての国際議論や情報交換をするほか、南極雪氷・氷床に関する研究動向を探るために渡航した。

成果: 過去約80万年を超える年代をもつ非常に古いアイスコア掘削に関する欧州・米国・日本等の摺り合わせおよび今後の連携の可能性について協議・調査を実施した。具体的な直近の氷床レーダ探査にかかる連携、それに、深層掘削段階での連携可能性について協議した。また、極域のフィルンの物理・化学プロセスについても最新動向と共同研究化の可能性を模索するためのプレゼンテーションを実施した。(詳細は、http://polaris.nipr.ac.jp/~icc/NC/htdocs/?page_id=27 を参照)

所感: Oldest Ice にかかる年次計画的様相は各パーティーが似たような様相にある。欧州は計画承認に苦労しているように見えたが、ひとたび動き出せば80億円レベルの巨額な研究予算のもとに迅速に動くであろう。豪州は技術的要素を固めながらすむように見えた。日本は掘削機の製作や現地探査は動いているが、正念場はまだこれからあり、今回の会議のような国際動向を今後も注視していく。複数のアイスコアプロジェクトが並行にすすみつつある様相のなかで、デンマークのDorthe Dahl-Jenssen氏から以下の提案があった。ひとたびコアを掘ったら、特に特定のラボでしかできないような解析項目については、そこにコア解析を託するような国際体制をとるべきとの提案であり、賛同者が多かった。この提案は、有効に主要グループ間の垣根を取り除く方策となる可能性があると思えた。



【図】IPICS Oldest Ice Workshop で藤田が使用した、2018/2019年度の国際共同のドームふじレーダ観測を説明する模式図。米国のカンサス大学(KU)とアラバマ大学(UA)がレーダを供給し、日本が内陸トラバース調査旅行を運用する。ノルウェー極地研究所がヨーロッパ連合(Beyond EPICA - Oldest Ice、略称BE-OI)の一員としてこの内陸調査に2名の科学者を派遣する。レーダの輸送とノルウェー人員の輸送はBritish Antarctic Surveyがツインオッター機で実施し、これはBE-OIの予算により実施される。日本は第59次および60次の南極地域観測隊が10名でトラバースを担う。

若手国際学会派遣事業「15th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society 発表参加」報告

北海道大学大学院 山崎 開平

目的: 「15th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society」へ参加しポスター発表を行った。

所感: 第一に感じたのは、自分の研究領域、すなわち南大洋の海洋物理に対する注目度の高さである。兼ねてから国内学会では、海洋の振る舞いが氷床と気候システムに及ぼしうる影響の大きさについて、理解を共有できる人が少ないと感じていた。今回のAOGSでは、私が参加した南大洋の気候力学のセッションに加え、海洋貯熱量に関するセッションや、海水準上昇に向けた社会適合に関するセッションにおいて、「南大洋と南極氷床」の気候学的な重要性を再認識することができた。海外の一流の研究者からアドバイスをもらえたことは、自分の研究を続けるうえでの大きな励みとなった。もうひとつ感じたことが、非英語話者のコミュニケーションのバリアが、日本で開かれる国際学会よりも薄いということである。英語を厭わず、積極的に質問をする若い学生が多かったことは、非常に印象的であった。特に、韓国や中国による強力な国際協働体制のもとでの数々の南大洋での研究成果を目の当たりにしたことは、良い刺激となった。その一方で、日本人学生が、諸外国と比べると極端に少なかったのは、勿体なく感じた。今回の経験を糧として、引き続き国際的な議論の場に参加していければと思う。



南極春の学校・南極若手勉強会を開催しました！

南極春の学校2018

2018年3月11日(日)～13日(火) 大学セミナーハウス、国立極地研究所にて「南極春の学校2018～目指せ国際・学際研究者～」を開催いたしました。各大学等でポスターの掲示、チラシの配布、大学の講義等およびwebで告知したところ、東京周辺だけでなく、全国26大学、学部生31名、院生24名が参加してくれました。

- ・実験や映像を交えながらの7研究分野の講義
- ・低温室と南極北極科学館見学ツアー
- ・南極昭和基地との中継
- ・南極観測から戻ったばかりの研究者の話
- ・海外で活躍中の研究者の話など

盛りだくさんのプログラムに講師もスタッフも大忙し！その甲斐あって、「また開催してほしい」との感想をたくさんいただきました。

第1回南極若手勉強会

3月13日(火)～14日(水) 国立極地研究所にて「第1回南極若手勉強会～国際・学際研究者への第一歩～」を開催しました。分野を横断したセッションを開催することで、若手研究者が世界の研究の現状を把握し、異分野の知見を幅広く獲得することを目指し、2017年9月のキックオフミーティングにて結成された南極若手会が主体的に運営しました。全国18大学、40名が参加し、「モデルを網羅的に学ぶ」、「探査を学ぶ」、「古環境プロキシを徹底的に学ぶ」の3セッションについて助教、PDが自身の研究分野のレビューを発表しました。会場内は良い緊張感に包まれ、質疑応答では厳しい質問やコメントが飛び交い、かなり白熱した議論が行われていました。2018年11月下旬に「第2回南極若手勉強会」も開催される予定です。また、ぜひご参加ください。

今後の主な行事予定

- ・11月30日～12月2日：第2回南極若手勉強会 @ 山中湖
- ・12月3日～12月4日：第1回新学術国際シンポジウム / 第9回極域科学シンポジウム @ 国立極地研究所
- ・12月5日：第3回拡大総括会合 @ 国立極地研究所
- ・12月10日～12月14日：2018 AGU Fall Meeting @ ワシントン
- ・3月13日～3月15日：第2回年次報告会 @ 国立極地研究所

2019年

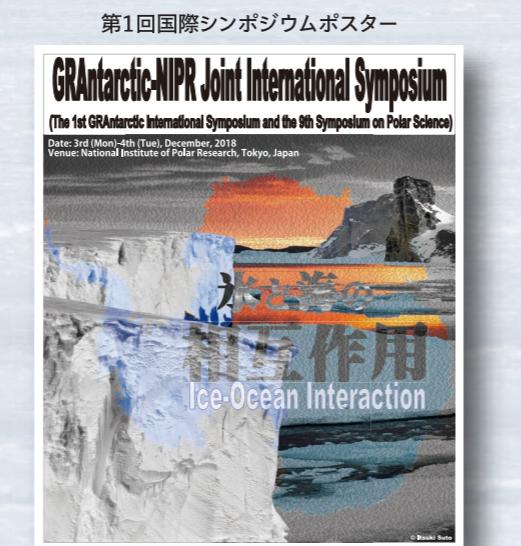
- ・4月7日～4月12日：EGU 2019 @ ウィーン
- ・5月26日～5月30日：日本地球惑星科学連合2019年大会 @ 幕張



南極昭和基地からのリアルタイム遠隔講義



参加者集合写真

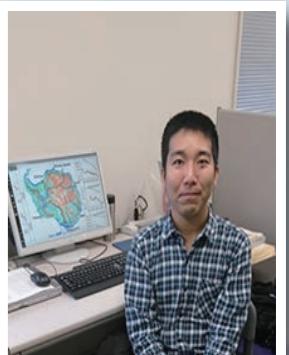


第1回国際シンポジウムポスター

新メンバー紹介！

小長谷 貴志（モデル班・東京大学大気海洋研究所）

東京大学大気海洋研究所の小長谷貴志です。2012年から大気海洋研究所の学生で、2018年春から南極新学術モデル班の特任研究員です。これまでの研究では、気候変化に対する南極棚氷の底面での融解量の変動メカニズムと、最終間氷期（現在よりも南極氷床が縮小した時期）に南極が温暖だった要因について、気候モデルを用いて調べました。一見別の研究のようですが、複雑な気候システムの中で理解が大きく遅れている場所が分かれて存在していることが背景にあります。どのようなモデル実験・観測データとの比較をすれば気候の理解につながるかを考えるところが、モデル研究のおもしろさです。これからは、過去の南極氷床変動や、過去の気候変動における南極・南大洋の役割を気候モデル・氷床流動モデルを用いて調べ、現在さらには将来の環境変動理解につなげることに取り組んでいきます。また現在、次期南極深層コア掘削のためのモデル研究も行っていますが、このように様々な研究課題とかかわることを楽しみにしています。



立花 愛子（生態系班・東京海洋大学）

はじめまして、東京海洋大学の立花愛子です。今年度から新学術・生態系班のメンバーに加わりました。私はこれまで動物プランクトン、中でもカイアシ類の群集構造と海洋環境との関係を中心に、季節変動から数十年単位の変動まで様々なスケールでの生態学的な研究を行ってきました。南大洋の観測航海には過去に2回ほど参加してきましたが、最後の南極航海は5年以上前なので久しぶりの極域研究への参加となります。新学術・生態系班では、外洋から季節海水域にわたる広範囲な生態系の群集構造や高次捕食者として重要なハダカイワシやオキアミ類の分布の把握を目指して、従来の方法に加えて新たに分子生物学的手法を用いた研究を進めています。遺伝子による南大洋生態系の生物多様性とその分布の網羅的な解明を目指しています。1月には海鷺丸による南大洋の観測航海に乗船し、新たな生物試料やデータを得る予定であります。とても楽しみにしています。新学術に貢献できるよう精一杯がんばります。これからもどうぞよろしくお願ひいたします。

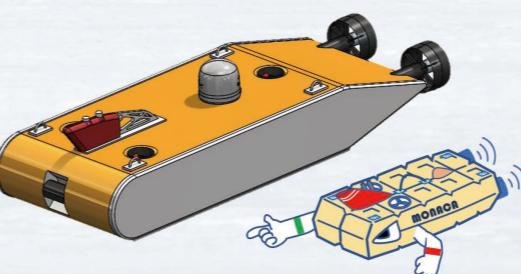


山縣 広和（探査班・東京大学生産技術研究所）

こんにちは、東京大学生産技術研究所の山縣廣和です。私は学生時代、慶應義塾大学で機械工学を専攻していました。義塾では、ロボットの設計論を研究テーマとして、様々な状況に即した機能を適宜発揮することのできる可変ロボットについて研究していました。また、教育学も重要視しており、高校の教員免許を取得して、中高生に向けたロボコンの運営も行っています。ちなみに、生家は築地の仲卸業者で、海洋生物は観察よりも食べるほうが好きです。今年の4月から生産技術研究所に所属し、探査班が開発する、南極探査 AUV “MONACA” の開発を担当しています。MONACAは全長2mの機体で往復合計20km以上の移動を行います。長距離の移動を安全・確実に行うためにはエネルギー源や通信などの確実性をいかに向上するかが重要です。



しかし、低温環境はエネルギー効率を低下させ、氷は通信を阻害します。そんなチャレンジングな環境で活躍するロボットを作る機会をいただけたことに感謝し、取得したデータが役立つことを目指して頑張りたいと思います。よろしくお願いいたします。



編集後記

新学術「南極の海と氷床」ニュースレター2号をお届けします。今号より、本領域から公表された重要な研究成果について紹介していきます。第一回目の注目成果は、氷床班 琉球大学 植村さんが中心となって *Nature Communications* 誌に公表された “Asynchrony between Antarctic temperature and CO₂ associated with obliquity over the past 720,000 years” です。これは、川村領域代表や阿部モデル班班長らも共著者に名を連ねる成果となっています。これからも研究成果を次々と紹介して参ります！(A, O)