

PIUS

地震研究所
ニュースレター

NEWS LETTER Plus No.38
Earthquake Research Institute,
The University of Tokyo



特集

南極の野外で 絶対重力を測る

観 測開発基盤センターの新谷昌人教授は、第63次南極地域観測隊の夏隊に参加。これまで難しかった南極の野外・低温環境における高精度な絶対重力測定を実現するため、新たに開発した小型絶対重力計を持ち込んだ。南極での重力測定の様子やその意義を新谷教授に聞いた。



東京大学地震研究所

南極の野外で絶対重力を測る



観測開発基盤センター 教授 新谷 昌人

南極では重力が減少している

2021年11月10日、新谷昌人教授は第63次南極地域観測隊(夏隊)の隊員として南極観測船「しらせ」に乗船し、横須賀港を出港した。例年は寄港地のオーストラリアのフリーマントルからの乗船も可能だが、新型コロナウイルス感染症対策のため全員が横須賀からの乗船となった。新谷教授が南極を訪れるのは、これが初めてだ。「昭和基地や周辺の露岩地域において重力を高精度に測定することが目的でした」

重力というと、 9.8m/s^2 という値が頭に浮かぶ人もいるだろう。地球上で物体が落下するとき、重力だけが作用する場合、1秒間におよそ秒速 9.8m ずつ加速する。この重力加速度を重力と呼ぶことが通例になっている。「およそ」と付けたように、重力は場所によって異なり、変化もする。

南極では重力が減少傾向にある。最終氷期で最も寒冷だった約2万年前、南極は巨大な氷床に覆われていた。重力が減少しているのは、巨大な氷床の重さによって沈降していた地面が、間氷期に入って氷床が融解するにつれて隆起してきているためだ。地面が隆起すると、地球重心までの距離が遠ざかるので、重力が小さくなる。

「南極のさまざまな場所で繰り返し重力を測定し、氷床の増減によって起きている重力の変化を正確に捉えたいのです。それが分かると、氷床の増減によって変形する地殻とマントルの構造や性質、最終氷期以降に氷床がどのように融解してきたかを推定できるようになります」

火山観測用を改良した小型絶対重力計を持って南極へ

しかし新谷教授は、「南極の野外で重力を高精度に測定するのは容易ではない」と言う。まず、氷床の増減に伴う重力変化は非常に小さいため、小数点以下8~9桁まで測定しなければならない。

高精度の測定が可能な重力計としては、筒状の真空容器の中で物体を落下させ、落下する物体の位置をレーザーで、時間を原

子時計でそれぞれ計測して、重力加速度を求めるものが広く使われている。この自由落下式重力計について新谷教授は、「レーザーは、温度が高過ぎたり低過ぎたりすると正常に機能しません。市販の自由落下式重力計では、レーザー光源は落下装置に組み込まれているか、近くに置かれるため、寒い南極の野外では測定が難しいのです。保温機能を持つものもありますが、南極の寒さでは短時間しか持ちません」と解説する。

ばねを使った重力計もあるが、それで分かるのは、A点とB点で重力がどれくらい違うかという相対重力である。知りたいのは、その地点の絶対重力である。人工衛星は広範囲の絶対重力を測定できるが、精度は高くない。

そこで新谷教授は、新たに開発した小型絶対重力計を南極に持っていくことにした。「火山観測用に開発した自由落下式の絶対重力計を改良したものです」と説明する。地下のマグマの位置や量が変わると、重力が変化する。重力測定は、火山活動の状態を理解するのに有効である。しかし、火山の環境は過酷だ。そこで新谷教授は、持ち

運びできて過酷な野外環境でも高精度観測が可能な絶対重力計を開発したのだ。

「最大の特徴は、落下装置とレーザー光源が分かれていることです。落下装置を野外に、レーザー光源を小屋にそれぞれ設置し、光ファイバーでつないで重力を測定します。電源などの設備が整っていないことや、過酷な環境など、火山と南極は似ていますよね。この重力計ならば、南極の野外の低温環境でも高精度な重力測定ができるのではないかと。それを検証しようと、南極行きを決めました」。南極に持っていったのは、火山観測用の絶対重力計を改良して小型化したTAG-1と、さらに小型化したTAG-2の2台だ。

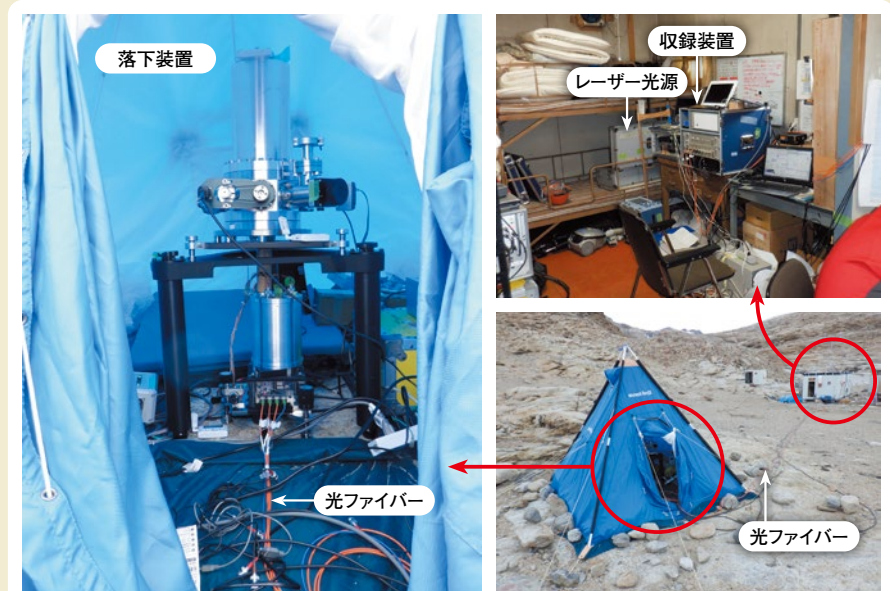
気温 0°C でも重力測定に成功

2021年12月17日、新谷教授は南極昭和基地に到着し、活動を開始。

昭和基地には重力計室があり、超伝導重力計が設置されている。そこにTAG-1とTAG-2が運び込まれた。今回の重力測定は国立極地研究所、国土地理院の研究者と共同で行われ、市販の自由落下式のFG-5

図1 ラングホブデにおけるTAG-1を用いた絶対重力測定の様子

テント内に落下装置、観測小屋にレーザー光源と収録装置を設置し、落下装置とレーザー光源を光ファイバーで接続する。低温環境でも重力測定が可能なのが確かめられた。



重力計とA10重力計、そしてAQG重力計も運び込まれた。AQGは量子型と呼ばれる新しいタイプである。いろいろな重力計が並んだ様子は壮観だ。そして、TAG-1による重力測定を実施した。ほかの重力計と整合的な値が得られ、「ほっとしました」と新谷教授。

次に、昭和基地から20～100kmほどの距離にある露岩地域の3地点で重力測定を行う計画を立てていた。「南極では計画通りにはいかないとは聞いていましたが……」と新谷教授は声を落とす。「ブリザード(激しい吹雪)が例年より多かったことや、移動に使うヘリコプターの故障などの影響で、計画を変更しなければなりませんでした」

1地点目ラングホブデでの観測開始は、2週間遅れた。ここでは過去にも重力測定が行われており、寝泊まりできる観測小屋がある。TAG-1による初めての野外測定を実施(図1)。低温環境で正常に測定できるかを確認するため、2日間、夜間に重力測定を行った。結果は? 「気温は0～5℃まで下がりましたが、長時間連続して重力を測定できました」と新谷教授の表情が和らぐ。1日目の測定値は、予想値とほぼ一致していた。2日目は、予想値からのばらつきが大きかった。強風でテントが揺れた影響だと考えられ、風対策が今後の課題だ。

昭和基地に戻り、次はスカルプスネスへ。ここでの重力測定は初めてなので、基準点を新設した(図2)。5日間の計画が3日間になったため、TAG-2を断念し、A10による測定のみ行った。

3地点目の Rundbocksheppen でも4日間の計画が3日間になったため、TAG-2を断念し、A10による測定のみ行った。4年前に第59次隊がA10で測定を行っているのと同じ重力計の方が変化を検出しやすくなる。「南極では、何を優先し何を諦めるか、判断を迫られる苦しい場面が多かったですね」

笑顔がこぼれる場面もあった。「スカルプスネスで作業をしていると、ペンギンがトコトコと近づいてきました。徒歩で40分くらいのところにある営巣地から来たのでしょうか。朝来て、夕方帰っていくので、通勤しているの? と注目を集めていました」(図3)

氷床上で見た「地球の影」

S16という地点で、氷床上に大理石の板を設置し、傾斜と振動の計測も行った。得られたデータは、将来、高精度な重力測定を氷床上にも広げるための有用な情報になる。

S16には昭和基地からヘリコプターで行き、現地に保管されている雪上車に宿泊した(タイトル横写真)。新谷教授は「見渡す限

図2 スカルプスネスに新設した基準点

基準点で繰り返し測定することで、重力変化を捉えることができる。基準点を新設できたことも、今回の大きな成果である。

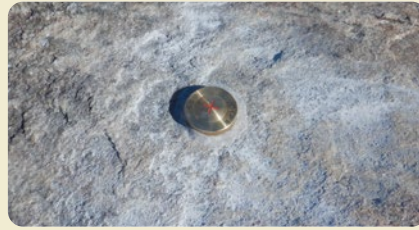
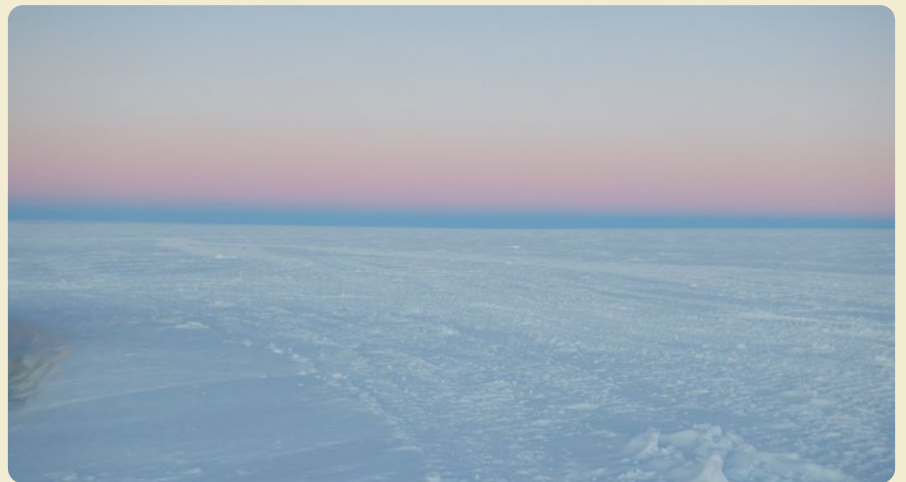


図3 観測地に出動してきたペンギン



図4 氷床上のS16地点で日没後に見られた地球影

地平線に近い青い帯状の部分が地球影。その上のピンク色の部分はビーナスベルトと呼ばれる。大気が澄んだ晴れた日に見られる現象で、20分ほどで消えてしまう。



り氷です。ここで地球影を初めて見ました」と話し、そのときの写真を見せてくれた(図4)。日没後に太陽とは反対側の空を撮影したもので、青い帯状の部分が地平線の下に沈んだ太陽の光によって映し出された地球の影である。「原理は頭では理解しているのですが、実際に見ると不思議な気持ちになりますね。そして、自分は地球にいるんだ、と実感しました」

第62次越冬隊と第63次夏隊は2022年2月8日までに「しらせ」に乗船し、帰路に就いた。「行き帰りの船は、さすがに長かったですね。でも、ほかの分野の研究者や、建設や機械の専門家、学校の先生や医療従事者など、これまであまり接することのなかった人たちと交流する機会もあり、刺激になりました」。そして3月28日、「しらせ」は横須賀港に帰港。全行動日数は139日だった。

新谷教授は、「日程変更や短縮がありましたが、予定していた全ての地点で測定ができました。またTAG-1について野外の低温環境でも測定可能なことが確かめられたのは大きな成果です。TAG-1を南極の野外測定に適した構成へ改良していきます」と総括する。得られた測定データの解析も進めているところだ。また今後、TAG-1の落下装置とレ

ザー光源が分かれていることを活かし、複数の落下装置を光ファイバーで結んだ観測網を構築したいと考えている。数十kmもの広範囲に展開可能なため、南極での重力測定が大きく進むと期待される。

重力は縁の下の力持ち

新谷教授は、最先端の光技術を用いた地震計や干渉計、ひずみ計なども開発し、高い観測性能を実現している。さまざまな対象の中で、重力の魅力とは? 「質量が変化したら必ず重力が変化します。途中で重力の効果を遮ることはできないので、モデルに強い拘束条件を付けることができます。現象の理解が容易になるので、重力は縁の下の力持ちのようなものだと思います。重力の変化から2万年も昔の氷河期の名残が分かるというのも、面白いところですね」

重力を測ってみたい場所を尋ねると「深海底」と返ってきた。「今までにない精度で、今までできなかった場所で観測すると、必ず新しい世界が見えてきます。深海底で絶対重力を測定するには、今の重力計をずっとずっと小さくしなければいけないのですが、チャレンジしてみたいですね」

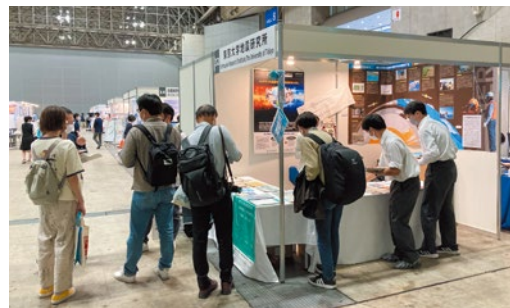
(取材・執筆:鈴木志乃)

TOPICS

広報アウトリーチ室活動報告

●「日本地球惑星科学連合2022年大会」に出展

日本地球惑星科学連合(JpGU)2022年大会の会期のうち、会場開催とオンライン開催の両方が行われた5月22～27日に、会場の幕張メッセにブースを出展しました。



●「サイエンスカフェ」開催報告

- 第14回「内陸地震の長期予測手法」石山達也准教授(東京大学地震研究所)・西村卓也准教授(京大防災研究所) 2022年5月10日
- 第15回「富士山:噴火の履歴と活動のモニタリング」吉本充宏主幹研究員(山梨県富士山科学研究所)・青木陽介准教授(東京大学地震研究所) 2022年7月5日 両日ともオンラインで開催いたしました。

地震・火山情報

- 2022年3月16日23時36分ごろの福島県沖の地震に関する研究速報が、地震研Webサイトの「地震・火山情報」に掲載されています。



プレスリリース

- 2022年5月13日 2022年1月トンガ噴火に伴う地球規模の津波—火山噴火による津波研究の新展開—
- 2022年5月11日 世界初、多重ミュー粒子を用いたグローバル高精度時刻同期
- 2022年4月14日 世界初、ミュオグラフィによる気象津波の観測
- 2022年3月7日 スーパーコンピュータ「富岳」とAIを活用した地域コミュニティ型避難の実証実験を川崎市で実施—災害時のより安全な避難を後押しする津波浸水予測AIの社会実装に向けて—

最近の研究

地震研Webサイトの最近の研究を紹介するコンテンツ「最近の研究」に、新たな論文が追加されています。ぜひご覧ください。

- 三陸沖海底ケーブルを用いた地震波干渉法による詳細な堆積層・最上部地殻のS波速度構造推定
- 三陸沖海底ケーブルを用いた分散型音響センシング技術による海底地震観測
- 紀伊半島南東沖の浅部超低周波地震:活動様式の多様性
- デコルマの形状が超低周波地震をコントロールする



受賞

- 上嶋 誠教授らの論文が日本火山学会論文賞を受賞
- 竹尾明子助教が地震学会若手学術奨励賞を受賞

INFORMATION

お知らせ

- 2022年8月3日(水)、東京大学オープンキャンパスの日程に合わせて、地震研究所も公開講義・一般公開をオンラインにて開催いたします。公開講義では、海底での熱の測定や、トンガの火山噴火が引き起こした津波と空振について、フィールドで活躍する研究者の先端のお話が聴けます。今年も学生実験のライブ配信を行います。プログラムや参加方法など詳細は地震研Webサイトをご覧ください。皆様のご参加をお待ちしております。
- 2022年8月26日(金)、「懇談の場」をオンラインで開催予定です。今号の特集「南極の野外で絶対重力を測る」について、新谷昌人教授によるお話です。接続情報をお送りしますので、orhp@eri.u-tokyo.ac.jp宛てに、件名を「懇談の場参加希望」としEメールをお送りください。お気軽にご参加ください。



東京大学地震研究所 ニュースレターPlus 第38号

発行日 2022年8月2日

発行者
東京大学 地震研究所

編集者
地震研究所 広報アウトリーチ室

制作協力
フォントクリエイト
(デザイン: 酒井デザイン室)

問い合わせ先
〒113-0032
東京都文京区弥生1-1-1
東京大学 地震研究所
広報アウトリーチ室
Eメール
orhp@eri.u-tokyo.ac.jp
ホームページ
https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/

人事異動

●2022年

7月1日

採用 毎田悠承 災害科学系研究部門 准教授
転出 酒泉 創 財務チーム・管理担当 係長
配置換 木下勝之 財務チーム・管理担当

4月16日

昇任 福田淳一 地震予知研究センター 准教授
転出 堀江美保 財務チーム・契約担当 主任
配置換 五十嵐俊博 地震予知研究センター 助教
山田知朗 地震火山噴火予知研究推進センター 助教

4月1日

採用 内田直希 地震火山噴火予知研究推進センター 准教授
森田雅明 火山噴火予知研究センター 助教
転入 副事務長
武林昭子 研究支援チーム・研究協力担当 係長
木下勝弘 財務チーム・契約担当 係長
佐藤英之 庶務チーム・図書担当 係長
木下誠一 研究支援チーム・研究協力担当 上席係長
転出 花岡淳子 庶務チーム・図書担当 係長
昇任 川本あゆみ 庶務チーム・庶務担当 主任
西本太郎 技術部総合観測室 技術専門職員

3月31日

退職 大園真子 地震火山噴火予知研究推進センター 准教授
定年退職 渡辺正昭 副事務長
任期満了 熊澤貴雄 特任助教

3月16日

昇任 平賀岳彦 物質科学系研究部門 教授
転出 武井康子 物質科学系研究部門 教授