

大型研究課題「極域科学のフロンティア」とその改定にむけて -南極観測・北極観測の新展開による地球環境変動研究-
Revision of Master Plan Proposal 'Frontier of Polar Science' - Study on Global Environmental Change through Development of the Antarctic and Arctic Observations -

*中村 卓司¹、杉本 敦子²、杉山 慎³、野木 義史¹、末吉 哲雄¹

*Takuji Nakamura¹, Atsuko Sugimoto², Shin Sugiyama³, Yoshifumi Nogi¹, Tetsuo Sueyoshi¹

1. 国立極地研究所、2. 北海道大学大学院 地球環境科学研究科、3. 北海道大学 低温科学研究所

1. National Institute of Polar Research, 2. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

日本学術会議の学術の大型研究マスタープラン2017に採択された、「極域科学のフロンティア」計画は、過去から現在、未来にわたる地球環境の変動が際立って反映される南北両極域の重要且つ貴重な情報について、プラットフォームを整備活用して取得することで学際的研究の推進をはかるものである。両極の観測研究は重要で、北極では地球温暖化による平均気温の上昇が最大となり、気候変動の影響が最も顕著に現れ、生態系や地域住民の生活に影響を与えており、また世界経済の活動を変化させる可能性がある。一方の南極域では巨大な氷床の地球温暖化に対する応答も未だ不明な点が多いなど、大規模な地球規模変動の可能性とその予測が重要課題である。海洋・大気循環を通じて連鎖している両極を単一のシステムとして捕らえることが必要である。計画では(1) 新内陸プラットフォームを活用した南極観測、(2) 北極域環境変動研究、(3) 総合解析による極域およびグローバルな地球システム変動の研究、の3つの側面での計画を提案した。提案は日本学術会議のIASC(国際北極科学委員会)小委員会およびSCAR(南極研究科学委員会)小委員会合同のWGで議論して提出したものである。同WGでは昨年6月から2020年に向けて提案の大幅改定を行うことを視野に入れ、検討を開始した。本講演では、マスタープラン2017の採択課題を紹介するとともに、その背景やその後の検討状況、今後の進め方などを講演・議論する。

南極・北極は、様々な宇宙惑星科学、大気水圏科学、固体地球科学の最適な観測・調査フィールドとなっており、まさに地球惑星科学の窓となる重要な研究対象である。コミュニティの意見を多く取り入れてよりよい提案としていきたいと我々は考える。

キーワード：極域科学、南極、北極

Keywords: polar science, Antarctic, Arctic

Abrupt changes and interactions of polar oceans and ice sheets as a research subject in Master Plan 2020

*Shin Sugiyama^{1,2}, Yasushi Fukamachi^{1,2}, Kay I. Ohshima^{1,2}, Shigeru Aoki¹, Teruo Aoki³, Michiyo Yamamoto-Kawai⁴, Takashi Kikuchi⁵, Daisuke Hirano¹

1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Arctic Research Center, Hokkaido University, 3. Okayama University, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Ice sheets and polar oceans are fundamental components of unique environments in the Antarctic and Arctic regions. The Antarctic ice sheet, which stores ~90% of entire ice on the globe, is interacting with the surrounding Southern Ocean characterized by Antarctic Circumpolar Current and Coastal Current. In the Arctic, the Greenland ice sheet is situated at a corner of the Arctic Ocean, discharging freshwater and sediments into the ocean from numbers of outlet glaciers. Both in the Antarctic and the Arctic, changes in the ocean are affecting mass balance of the ice sheets, and in turn physical and chemical conditions of the ocean are influenced by freshwater discharge from the ice sheets. Further, the changes in the oceans and ice sheets affect not only on polar systems, but also give impact on global environments, such as sea level rise and thermohaline circulations. Thanks to recent advance in remote sensing and numerical modelling techniques, as well as increasing amount of field data collected in the field, overview of the ocean and ice sheet systems is progressively understood. However, changes at the deeper regions in the ocean and the interior of the ice sheets are difficult to observe, and processes occurring at the ice-ocean interface are complex. Thus, further effort is needed to better understand recent changes in the polar oceans and ice sheets, mechanisms connecting the ocean to the mass change of the ice sheets, consequences of ice sheet changes to the polar oceans, and how these interactions between the ocean and the ice sheets drive global environmental changes. With this background, we present recent progress in the understanding of the polar oceans and ice sheets, and propose techniques, instruments, facilities and observational platforms, which are needed to tackle the problems for the next 5-10 years. For example, construction of a new icebreaker for operation both in the Arctic and Antarctica should help a breakthrough in the field of polar science. Development and utilization of AUV (autonomous underwater vehicle) and ROV (remotely operated vehicle) would be strong tools for understanding of the key processes of glacier-ocean interaction. The objective of the presentation is to stimulate discussion among the polar, ocean and ice sheet researchers to develop a research plan for Master Plan 2020 to be called by Science Council of Japan.

Keywords: Antarctica, Arctic, ice sheet, ocean

海水変動を軸とした両極の環境変動の解明

Interpretation of both-polar environmental variability through the investigation of sea ice variability

田村 岳史¹、溝端 浩平²、渡邊 英嗣³、三瓶 真⁴、山本 正伸⁴、野村 大樹⁴、西岡 純⁴、渡邊 豊⁴、*末吉 哲雄¹

Takeshi Tamura¹, Kohei Mizobata², Eiji Watanabe³, Makoto Sampei⁴, Masanobu Yamamoto⁴, Daiki Nomura⁴, Jun Nishioka⁴, Yutaka Watanabe⁴, *Tetsuo Sueyoshi¹

1. 情報・システム研究機構 国立極地研究所、2. 東京海洋大学、3. 海洋研究開発機構、4. 北海道大学

1. National Institute of Polar Research, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Hokkaido University

1970年代に衛星観測が始まって以来、海水の面積については継続的なモニタリング観測が行われてきたが、両極の海水面積の変動には大きな違いが生じている。北極においては、特に90年代以降に顕著なように、大幅な海水面積の減少が観測され、南極においては、全体としてゆるやかな増加傾向にある。海水変動は近年の気候変動の応答として捉える事ができるが、何故、両極においてこれほどの差が生じるのであろうか。全球気候変動の要である海水変動の解明のためには、海水の動態が異なる両極での取り組みが不可欠である。

海水の変動は、大気の変動・氷床の変動・海洋の変動からの影響を受け、同じく大気・氷床・海洋の変動に加えて生態系の変動にも影響を与える。各プロセスに対する研究は進んできたが、海水によって複雑化する各プロセス間の相互作用を含む「大気-氷床-海水-海洋システム」は未解明の領域である。これらを明らかにすることができれば、気候変動予測・天気予報・氷海航行情報・生態系保全等の将来予測の分野に貢献する事ができる。しかしながら、現在まで行われてきたように、個々の研究分野による取組では不可能であり、分野横断型で包括的に取り組む必要がある。

これまでも既存の衛星観測・数値モデルによる研究・耐氷船を含む通常船舶による航海観測等により、多少の分野をまたいだ相互作用の研究を含め、両極氷海域における研究は進められてきた。しかしながら、海水そのものが観測にとっての障害となり、海水直上の大気の観測・海水直下の海洋の観測・海水の近隣の氷床の観測等は、他の領域における同様の観測研究と比べて大きく取り残される結果となっている。これらの問題の解決策として、学術砕氷船導入と氷海域における直接観測という選択肢が現時点では最も有効である。

独自の学術砕氷船を持たない我が国が砕氷船という共通プラットフォームを導入することによって、これまで小さな研究集団として個々の海外砕氷船の観測に対してバラバラに貢献してきた日本の研究グループが結集し、大気・海水・海洋分野に加えて海水変動の解明に貢献する海底地質分野を網羅する分野横断型の観測研究に取り組むことができる。また、両極での取り組みによって、海水変動を軸とした地球環境変動の解明に貢献しうる。砕氷船導入は極域科学・気候変動研究のブレークスルーを狙うものであり、さらに全球気候環境研究を新たなステージにいざなう扉を開ける役割を果たすものである。

キーワード：両極の科学、海水変動、大気-氷床-海水-海洋システム、砕氷船

Keywords: both polar oceans, sea ice variability, atmosphere-ice-ocean system, research icebreaker

南北両極域で起きている海氷変動

Sea ice changes evidenced in the both polar regions

*榎本 浩之¹

*Hiroyuki Enomoto¹

1. 国立極地研究所

1. National Institute of Polar Research

北極での海氷減少はこれまでも観測されており、顕著な減少が2012年に起きた。2016年の最小面積も衛星観測が始まってから過去2位の少ない面積となった。9月には2位であったものの、その後の期間は海氷の成長が遅く、現在まで1位で最小面積を更新し続けている。

一方で、南極では2014年には、衛星観測が始まってから最大面積を記録したが、翌2015年には7月という結氷時期にもかかわらず海氷面積の拡大が止まり、その後は最大から急転して面積最低の年となった。その後も面積が小さい状態が継続しており、北極の海氷面積減少と相まって、2016年の両極の海氷面積の和は著しい減少となっている。

IPCC等気候変動の予測に関する話題でも、北極については今後どう減っていくか、南極については大きな変化や予測の不確実性が懸案となる。本発表では、今後の大型研究の検討に資する情報提供を目的と、南北両極の海氷に関して近年の大きな変動の様子を報告する。

キーワード：北極、南極、海氷、気候変動、極域観測

Keywords: Arctic, Antarctic, Sea ice, Climatic change, Polar observation

極域予測年における日本の貢献

Japanese contribution to the Year of Polar Prediction (YOPP)

*猪上 淳^{1,2}、平沢 尚彦¹、末吉 哲雄¹

*Jun Inoue^{1,2}, Naohiko Hirasawa¹, Tetsuo Sueyoshi¹

1. 国立極地研究所、2. 海洋研究開発機構

1. National Institute of Polar Research, 2. Japan Agency for Marine-Eeath Science and Technology

To evaluate the impact of additional observation on the predictability of weather and sea-ice patterns at high latitude and beyond, Japan has contributed to establishing an experimental Arctic observing network as part of an international collaboration. It was shown that the incorporation of additional Arctic observations improves the initial analysis and enhances the skill of weather and sea-ice forecasts. Based on these achievements, Japan will extend this activity during the Year of Polar Prediction (YOPP), from mid-2017 to mid-2019, under the Japanese flagship projects, called ArCS (Arctic Challenge for Sustainability) and JARE (Japanese Antarctic Research Expedition). Using a data assimilation technique and observation data obtained from ships, land stations and drifting buoys under international collaborations, the impact of additional polar observations on predicting extreme evens in local (e.g. along Northern Sea Route) and remote regions (e.g. extreme weather events at mid-latitudes) will be assessed, contributing to optimizing a sustainable polar observing network on a cost-benefit basis.

キーワード：北極・南極、天気予報・海氷予報、観測とモデル

Keywords: Arctic & Antarctic, numerical predictions for weather and sea ice, observations & modelings



100万年超を目指した深層アイスコア掘削と気候復元研究

Towards drilling of deep ice core exceeding 1 Ma for reconstructing past climate

*川村 賢二^{1,2,3}、アイスコア コンソーシアム

*Kenji Kawamura^{1,2,3}, Ice Core Consortium

1. 情報・システム研究機構 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 海洋研究開発機構

1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. SOKENDAI, 3. JAMSTEC

国立極地研究所およびドームふじアイスコアコンソーシアム(<http://polaris.nipr.ac.jp/~icc/NC/htdocs/>)を中心とした研究者グループは、東南極ドームふじ近傍において80万年(現存最古のドームCコア)を大きく超える年代のアイスコア(仮称:第3期ドームふじ氷床コア)の掘削を提案している。この目的に向け、第IX期南極地域観測事業 重点研究観測(2016~2021年度)では、掘削候補地域における氷床表面及び内部層、底面状態の精緻な調査を行い、深層掘削地点を選定し、その上で深層コアの取得に向けたパイロット孔掘削とケーシング、浅層/中層掘削を目指している。第X期の早期に氷床底部までの掘削を完遂し、最古のアイスコアを取得することを提案する。

気候変動の歴史をさかのぼると、10万年周期の氷期サイクルが確立したのは約80万年前であり、それ以前、特に120万年前以前には4万年周期の氷期サイクルが卓越していた。地球システムの理解のためには、その時代の気候変動がなぜ4万年周期だったのか、また、なぜそれが10万年周期に遷移したのかなどを明らかにする必要がある。そのためには、気候変動の強制力として重要な温室効果ガスの変遷を100万年スケールで復元することが不可欠であり、それをなし得る媒体は南極のアイスコアしかない。また、南極(南大洋)は底層水の供給や二酸化炭素の貯蔵を規定する重要地域であり、アイスコアから得られる南極の古気候変動の情報は、全球の気候変動メカニズムの研究に不可欠である。

日本も参加しているアイスコア研究の国際組織 IPICS(PAGES, SCAR, IACS が支援する、アイスコア研究者・設営関係者で構成される組織)では、今後の大目標の一つとして、氷期・間氷期サイクルの卓越周期が変化した時代をカバーする150万年のアイスコアの掘削を挙げている。それへの貢献を視野に入れ、現ドームふじ基地近傍における新基地の建設を構想しつつ、第VIII期においては地上レーダー探査による底面環境の調査と掘削候補地域の大まかな選定を行ってきた。有力候補地域は現ドームふじ基地から約60km圏内にある。

第IX期から第X期にかけて、新たな深層コア掘削点を探るための雪氷学的調査を実施したうえで、掘削点を選定し、深層掘削を目指す。現在の最重要課題は掘削位置の選定である。氷床探査レーダーによる内部層、基盤地形、底面状態の解析をもとに、最適条件を満たす地点を探す。堆積環境や環境シグナル記録プロセスを押さえるための氷床表面の雪氷観測、候補地における浅層掘削やフィルン空気解析も必要である。

新たな深層掘削機やコア処理・分析機器の開発などの技術的課題や、燃料・物資の輸送や建設などの設営的課題を乗り越え、この世界的な重要課題に挑んでいく必要がある。

キーワード：南極氷床コア、気候変動、氷期・間氷期サイクル

Keywords: Antarctic ice core, Climate change, Glacial-interglacial cycles

Mass loss of outlet glaciers and ice caps in the Qaanaaq region, northwestern Greenland

*Shin Sugiyama¹, Shun Tsutaki², Daiki Sakakibara³, Evgeny A. Podolskiy³, Masahiro Minowa¹, Yoshihiko Ohashi¹, Jun Saito¹, Takanobu Sawagaki⁷, Sumito Matoba¹, Naoya Kanna³, Hiroyuki Enomoto⁶, Martin Funk⁴, Riccardo Genco⁵, Yvo Weidmann⁴, Guillaume Jouvét⁴, Julien Seguinot⁴

1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Arctic Environment Research Center, National Institute of Polar Research, 4. Laboratory for Hydraulics, Hydrology and Glaciology, ETH-Zurich, Switzerland, 5. Department of Earth Science, University of Florence, 6. National Institute of Polar Research, 7. Hosei University

The Greenland ice sheet and peripheral ice caps are rapidly losing mass. Recently, ice mass loss is increasing particularly in northwestern Greenland (e.g. Enderlin and others, 2014). It is urgently important to understand the ongoing changes in this region, but observational data are sparse in northern Greenland. To quantify current ice mass loss in northwestern Greenland and better understand processes driving the mass loss, we studied outlet glaciers and ice caps in the Qaanaaq region as a part of GRENE Arctic Climate Change Research Project. Field and satellite observations were performed to quantify ice surface elevation change of outlet glaciers and ice caps (Saito et al., 2016; Tsutaki et al., 2016). Frontal position and ice speed of outlet glaciers were mapped by satellite data. We also studied processes occurring near the front of outlet glaciers to investigate interaction of the glaciers and the ocean (Ohashi et al., 2016). Our field activities include mass balance monitoring on Qaanaaq Ice Cap since 2012 (Sugiyama et al., 2014), integrated field observations near the calving front of Bowdoin Glacier since 2013 (Sugiyama et al., 2015; Podolskiy et al., 2016), and ocean measurements in front of the glaciers. In this contribution, we present the overview of the results obtained in the GRENE project, and introduce a new project established under the framework of ArCS (Arctic Challenge for Sustainability Project). Our presentation aims to stimulate community discussion on research plan in Greenland for Master Plan 2020 called by Science Council of Japan.

References

- Enderlin, E. et al., 2014, An improved mass budget for the Greenland ice sheet. *Geophys. Res. Lett.*, 41, 866–872.
- Ohashi, Y., T. Iida, S. Sugiyama and S. Aoki. 2016. Spatial and temporal variations in high turbidity surface water off the Thule region, northwestern Greenland. *Polar Science*, 10(3), 270-277.
- Podolskiy, E., S. Sugiyama, M. Funk, R. Genco, S. Tsutaki, F. Walter, M. Minowa, M. Ripepe. 2016. Tide-modulated ice flow variations drive seismicity near the calving front of Bowdoin Glacier, Greenland. *Geophysical Research Letters*, 43, doi:10.1002/2016GL067743.
- Saito, J., S. Sugiyama, S. Tsutaki and T. Sawagaki. 2016. Surface elevation change on ice caps in the Qaanaaq region, northwestern Greenland. *Polar Science*, 10(3), 239-248.
- Sugiyama, S., D. Sakakibara, S. Tsutaki, M. Maruyama and T. Sawagaki. 2015. Glacier dynamics near the calving front of Bowdoin Glacier, northwestern Greenland. *J. Glaciol.*, 61(226), 223–232.
- Sugiyama, S., D. Sakakibara, S. Matsuno, S. Yamaguchi, S. Matoba and T. Aoki. 2014. Initial field observations on Qaanaaq Ice Cap in northwestern Greenland. *Ann. Glaciol.*, 55(66), 25–33.
- Tsutaki, S., S. Sugiyama, D. Sakakibara and T. Sawagaki. 2016. Surface elevation changes during 2007-2013 on Bowdoin and Tugto Glaciers, northwestern Greenland. *J. Glaciol.* 62(236), 1083-1092.

Keywords: Greenland, ice sheet, ice cap, calving glacier

Establishment of a new integrated geodetic observation system in Syowa Station for mm Global Geodetic Reference Frame (GGRF)

*土井 浩一郎^{1,2}、青山 雄一^{1,2}

*Koichiro Doi^{1,2}, Yuichi Aoyama^{1,2}

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学

1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate Univ. for Advanced Studies

Syowa Station has three independent techniques for space geodetic observation, namely, Very Long Baseline Interferometry (VLBI), Global Navigation Satellite System (GNSS), Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS). Observations by the three techniques have been continued for more than 15 years. Hence Syowa Station is one of the most critical geodetic sites in southern hemisphere for maintaining the current International Terrestrial Reference Frame (ITRF). In addition to these space geodetic observations, continuous gravity observation with superconducting gravimeters have been carried out for more than 20 years as well as repetitive absolute gravity measurements. This means that Syowa Station is a promising site to realize and maintain the GGRF with mm accuracy which is an integrated geodetic reference frame incorporating the ITRF, the International Celestial Reference Frame, the International Height Reference Frame and the Global Absolute Gravity Reference System.

To accomplish mm accuracy of the position coordinates of Syowa Station, we plan the following actions; (1) Replacement of the current VLBI system to the next generation VLBI system, (2) New installation of a next generation Satellite Laser Ranging (SLR) system, (3) Implementation of co-location survey between the space geodetic observation sites and the absolute gravity measurement site with an accuracy of 1 mm, and (4) Realization of gigabit data communication between Syowa Station and Japan.

Establishment of the new space geodetic site can provide co-located position coordinates of 1 mm accuracy combined with the absolute gravity value. The coordinates and gravity value will contribute to realization and maintenance of the mm GGRF. At the same time, the provided temporal variations of the coordinates and the gravity value allow us to investigate solid Earth deformation induced by Glacial Isostatic Adjustment (GIA), plate motion and current change in cryosphere, ocean and atmosphere.

キーワード：グローバル測地基準座標系、宇宙測地観測、GIA

Keywords: GGRF, space geodetic observation, GIA

A perspective for observations on ecosystem response in the Arctic

*鄭 峻介¹、杉本 敦子¹、マキシモフ トロフィム^{2,3}

*Shunsuke Tei¹, Atsuko Sugimoto¹, Trofim Maximov^{2,3}

1. 北海道大学 北極域研究センター、2. ロシア科学アカデミーIBPC、3. ロシア北東連邦大学BESTセンター

1. Arctic Research Center, Hokkaido University, 2. Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 3. BEST center, North Eastern Federal University

Arctic and sub-Arctic ecosystems are exposed to a larger magnitude of warming in comparison with the global average, as a result of warming-induced environmental changes. Understanding the sensitivity of tree growth to climate in these ecosystems is an important factor in the accuracy of future projections of the terrestrial carbon cycle, and also of global climate. However, it is not certain how these ecosystems respond to these changes.

We have conducted research on tree growth response to climate change over the Arctic and sub-Arctic ecosystems using ring width indices (RWI) from a tree-ring width dataset accessed through the International Tree-Ring Data Bank (ITRDB) and found that the responses differed among regions, depending on the characteristics of each region. Tree radial growth decreased with recent rapid warming in southern boreal forests located on continental dry climate region such as inner Alaska and Canada, southern part of Europe, southern part of Lena river basin of eastern Siberia and Mongolia. Conversely, radial growth increased in the Arctic ecosystems. It is clear that spatial heterogeneity in Arctic and sub-Arctic ecosystems response to climate change existed.

However, we still have following questions with regard to advancing our understanding of these ecosystems response; (i) to which extent does the clear spatial heterogeneity in those ecosystems response deduced from RWI data set correspond to that from other kinds of data set?; (ii) what is controlling factor for the spatial heterogeneity in those ecosystems response?; (iii) how can we expect future carbon cycling in the Arctic and sub-Arctic ecosystems?

To answer these questions, we plan to conduct observation-based multilateral study in which we investigate relationship among tree-ring parameters, i.e., ring width (RWI) and stable carbon isotope ratio, remotely sensed spectral vegetation indices, i.e., normalized difference vegetation index (NDVI) and CO₂ flux observations. The comparisons are conducted for linking those data sets each other and for obtaining better estimate of vegetation activity response to climate change over Arctic and sub-Arctic ecosystems. For example, our comparative analysis between RWI and NDVI (Tei et al., in preparation) showed disagreement in their trends over extensive areas; the accelerated RWI trend over some regions did not correlate with greening and, inversely, with browning where tree experienced a slower growth.

Comparison of such proxies with direct CO₂ flux observational data set is also useful to know what NDVI and RWI represent at the ecosystem level, how to optimally integrate them each other, and what related challenges need to overcome. Such efforts are expected to improve our understanding of forest carbon cycling in the Arctic and sub-Arctic ecosystems and place current developments into a long-term perspective. It could also help to evaluate the performance of earth system models regarding the simulated magnitude and dynamics of forest carbon uptake, and inform these models about growth responses to climatic drivers.

キーワード：北極域生態系、炭素循環、樹木年輪、CO₂フラックス、リモートセンシング

Keywords: Arctic and sub-Arctic ecosystems, carbon cycle, tree ring, CO₂ flux, remote sensing

Characteristics of total ozone measured in the western Antarctica

Ja-Ho Koo¹, Taejin Choi², Hana Lee¹, Jhoon Kim¹, Joonghee Park¹, Dha Hyun Ahn¹, Jaemin Kim³,
*Yun Gon Lee³

1. Yonsei University, 2. Korea Polar Research Institute, 3. Chungnam National University

To figure out the temporal variation and spatial distribution of Antarctic ozone loss, we investigate the characteristics of long-term (at least longer than 15 years) total ozone columns measured by Dobson or Brewer spectrophotometer at five ground stations in the western Antarctica: King Sejong, Marambio, Belgrano, Halley, and Belgrano stations. All measured total ozone columns, well evaluated through an inter-comparison with OMI total ozone measurements, recently show the recovery pattern, particularly in September. They are generally analogous but often different during the austral springtime when the stratospheric ozone loss strongly occurs. As shown in the comparison of potential vorticity among stations, regional differences of total ozone are attributed to the spatial scale of polar vortex. Additional analyses of other meteorological factors also indicate the large spatiotemporal variations of atmospheric pattern over the western Antarctica. This probably implies that the total ozone variation in this region has higher sensitivity to the large-scale circulation and even climate change compared to the eastern Antarctica. We also find the well-known positive correlation between total ozone and lower stratospheric air temperature all the year round, particularly at 50-100 hPa heights during austral spring. But this positive correlation is not apparent in the upper stratosphere (higher than 10 hPa). Correlation with tropical sea surface temperature is not clear, but the signal looks meaningful and somewhat asymmetry between austral spring and summer. Further analysis will be required for better understanding of this feature.

Keywords: Antarctica, Ozone, Brewer, Dobson

南大洋・南極氷床変動の分野横断研究

Integrated multidisciplinary study on change in the Southern Ocean and the Antarctic ice sheet

*野木 義史¹、川村 賢二¹

*Yoshifumi Nogi¹, Kenji Kawamura¹

1. 国立極地研究所

1. National Institute of Polar Research

The Antarctic ice sheet holds 90% of ice, which is equivalent to about 70 m height of sea level. On the other hand, the Southern Ocean produces densest seawater, called the Antarctic bottom water, which drives ocean circulation. The Antarctic ice sheet and the Southern Ocean are the most significant components that control global climate and sea level changes. However, the Antarctic ice sheet and the Southern Ocean are the mostly unknown components in the Earth system due to the difficulties of the observation in these areas, especially in the East Antarctica.

The primary processes and the mechanism of the interactions among the atmosphere, ice sheet, solid earth and ocean should be made clear in the context of the global environmental changes driven by the Antarctic ice sheet and the Southern throughout the various kinds of the interactions. The integrated multidisciplinary study is required with the different fields of the observation data from geological to present time scale together with modeling studies. Furthermore, the developments of the observation instruments are important element to obtain the field observation data in the unexplored under and edge of sea ice. The project of the integrated multidisciplinary study focused on changes in the Southern Ocean and the Antarctic ice sheet are introduced, and the prospects of this program are discussed.

キーワード：南大洋、南極氷床、海洋循環、海水準

Keywords: Southern Ocean, Antarctic ice sheet, ocean circulation, sea level

東南極の気候変動の検出と解明に向けた大気・氷床・海洋の長期的観測 Long-term field experiment for detection and study of climatological change in East Antarctica

*平沢 尚彦¹、青木 輝夫²、林 政彦³、藤田 耕史⁴、飯塚 芳徳⁵、栗田 直幸⁴、本山 秀明¹、山内 恭¹、末吉 哲雄¹

*Naohiko Hirasawa¹, Teruo Aoki², Masahiko Hayashi³, Koji Fujita⁴, Yoshinori Iizuka⁵, Naoyuki Kurita⁴, Hideaki Motoyama¹, Takashi Yamanouchi¹, Tetsuo Sueyoshi¹

1. 情報・システム研究機構 国立極地研究所、2. 岡山大学、3. 福岡大学、4. 名古屋大学、5. 北海道大学
1. National Institute of Polar Research, 2. Okayama University, 3. Fukuoka University, 4. Nagoya University, 5. Hokkaido University

1. はじめに

本発表は、人類が地球全体の観測を始めて以来の数 10 年間における南極域の気候の変化に関する知見を振り返り、現在の変化のメカニズムを知るための観測・研究の提案を行う。南極氷床の質量収支は海水準変動に最も大きな影響を与える可能性を持っているため、その将来の変化を予測によって知ることは人類の目標でもある。本研究の成果となる現在の変化のメカニズムの理解は、南極氷床の質量収支の将来を考察する上で有意義な知見であるとともに、将来予測をするための気候モデルにそのメカニズムを組みこむことで、予測精度の向上に貢献する。

2. IGY 以降の南極域の気候変化の特徴

地球温暖化が進行する中、西南極の温暖化は地球の平均より速いペースで温暖化している。このことは polar amplification として理解される。しかし、東南極では、この 50 年間に温暖化や寒冷化の時期がめまぐるしく入れ替わり、一定の傾向は現れていない。ただし、最近 10 年間には昭和基地周辺の温暖化が見出されるようになってきたかに見える。これまでの東南極の温暖化抑制や最近の温暖化傾向はオゾンホール 1980 年来の長期的発達と フロンガス規制を反映した最近のオゾンホール回復が関係している可能性があるという議論がある(平沢、2016)。

南極氷床の質量収支では、西南極の消耗が明瞭で、東南極では著しい変化は観測されていなかった。ところが、これについても最近 10 年間で東南極の西半分にあたる Droning Maud Land(昭和基地やドームふじ基地はこの領域にある)において、これまでの観測で捕らえられたことのない著しい涵養が観測された。その結果としてこの地域の低標高域での涵養が著しいことが、衛星による重力観測で示唆されている。一方、この時期の高標高域における涵養量は絶対量としては目立たないが、通常の涵養量に対する比率として見ると、低標高域から高標高域まで同程度であることは興味深い(Motoyama et al., 2015)。

3. 本研究の概要

この観測・研究は、これらの最近起こっているいくつかの著しい現象を含めて、今後 10 年以上に亘る Droning Maud Land の気候の変化を検出し、そのメカニズムの理解から将来の変化傾向を知るための重要な気候プロセスを示す。このために、気象だけでなく、雪氷及び海洋の観測と研究を併合して行う。

東南極のこれまでの温暖化の抑制や今後の変化傾向を知るために最も必要なことは氷床の内陸域における現場観測において他にない。この計画では、高層気象ゾンデ観測(ゾンデ観測)と無人気象雪氷観測(AWS)網の展開を基盤とする。例えば、ゾンデ観測は、米国の南極点基地(図1の SP)において IGY 以来の長きに渡って実施され、2005 年からはフランス・イタリアが運営するドーム C 基地(同 DC)において実施されるように

なった。ロシアは DC の南西 方にあるボストーク基地で長く観測を行っていたが現在は行われていない。結果として、南極氷床上の対流圏・成層圏の 50 年以上 の変化を示すデータは SP からの一つしかない。今後の変化は、DC が加わって 2 つとなる。しかし、Droning Maud Land における 最近の顕著な涵養など、南極氷床の地域的な変化を含めて捕らえるためにはゾンデ観測網は足りない。少なくとも Droning Maud Land の内陸に必要である。その第一候補はドームふじ基地(図 1 の DF)である。尚、西南極の内陸にはかつてバード基地があったが、最近、米国ではこの地域での活動を強化しつつあり、現在の体制に DF とバード基地が加われば、南極氷床上の対流圏・成層 圏の大気構造の観測は格段に向上するはずである。これらの観測の結果は、当然ながら、ERA や NCEP、JRA など知られる気候 再解析データの品質も必ず向上させる。これまで、南極域のデータの信頼度はそれほど高くなかったが、その改善に貢献する。DF を再び通年の観測基地にしたい。

これまでのドーム計画などにより、Droning Maud Land の内陸域 の観測について、日本の国際的な期待は大きい(ICPM, International Committee on Polar Meteorology, 推奨レター, 2015 など)。内陸通年基地だけでなく、AWS 網の展開によって(図2)、 面的な現場観測を実現したい。この計画で構築する AWS 網では、通常 気象要素に加えて、放射 4 成分、積雪深、雪温の計測を実施する。観測データは衛星回線を通じて研究者のもとに届き、いくつかのデータ補正を施した後、国際的に公開する計画である。

先の最近の Droning Maud Land の氷床涵養の増加で述べたように、氷床の頂上部から末端部まで注意深く分析する必要がある。AWS 拠点は、氷床末端部(S17)、カタバ風帯(Mizuho)、カタバ風 帯上部(MD246)、カタバ風発生域(Relay Station)、氷床頂上 部(Dome Fuji、図1のDFと同じ)である。これらは氷床上に現れる典型的な気候区を代表する。これらの地点では、夏季や冬季に 1 ヶ月程度のキャンペーン期間を設けてゾンデ、係留気球、無人飛行機(UAB)を用いた観測を実施する。また、氷床表面状態 やピット観測によって氷床の表層の経年変化を捕らえる。地域ごとの集中的な観測を定期的に組み合わせることによって、南極内 陸域の対流圏・成層圏の大気構造の変化や氷床質量収支の変化、及びそれらのメカニズムの解明を目指す。他に、定期的に南極域 の航海を実施する「しらせ」での船上観測によって、海洋表層と 大気との相互作用を考慮する。

キーワード：大気、南極、北極

Keywords: atmosphere, antarctic, arctic

A new perspective on atmospheric and geospace sciences in the Arctic with EISCAT_3D

*宮岡 宏¹、野澤 悟徳²、小川 泰信¹、大山 伸一郎²、中村 卓司¹、藤井 良一³、Heinselmann Craig⁴
*Hiroshi Miyaoka¹, Satonori Nozawa², Yasunobu Ogawa¹, Shin-ichiro Oyama², Takuji Nakamura¹, Ryoichi Fujii³, Craig Heinselmann⁴

1. 国立極地研究所、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 情報・システム研究機構、4. EISCAT科学協会
1. National Institute of Polar Research, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Research Organization for Information and Systems, 4. EISCAT Scientific Association

The European Incoherent Scatter(EISCAT) radar system in northern Feno-Scandinavia and Svalbard have been playing a pivotal role in advancing cutting edge sciences in various area including atmospheric, ionospheric and geospace studies, space weather and global change. Affiliated in the EISCAT Scientific Association in 1996, the EISCAT user community in Japan has jointly contributed to understanding of the magnetosphere-ionosphere-thermosphere coupling processes using the coordinated ground-based and rocket/satellite simultaneous observations with EISCAT radars.

EISCAT_3D is the major upgrade of the existing EISCAT mainland radars, with a multi-static phased array system composed of one central active (transmit-receive) site and 4 receive-only sites to provide us 50-100 times higher temporal resolution than the present system. The core site will transmit radio waves at 233MHz with 10MW power, and all five receiving sites will have sensitive receivers to detect the returned signal using phased-array antenna with 10,000 cross-Yagi elements.

The new radar is expected to overcome current observational difficulties and then open new scientific world that have been never realized. One of the great characteristics is continuous measurements of the space environment-atmosphere coupling in the auroral oval and at the southern edge of the polar vortex. High time resolution data with 3D volume-metric will be obtained by EISCAT_3D. Scientific topics addressed in the Science Case documents (i.e.. McCrea, et al., 2015) are as follows:

1. Atmospheric physics and global change
 - a. Vertical coupling between the atmospheric layers
 - b. Turbulence and waves in the mesosphere and lower thermosphere
2. Space and plasma physics
 - a. Multiple scale interactions in ionosphere-magnetosphere plasmas
 - b. Plasma turbulence and active experiments
3. Inflow and outflow of matters in the Earth's atmosphere
4. Space debris, near-earth objects and space weather
5. Radio astronomy

In this paper, we will overview scientific subjects to be challenged by the new EISCAT_3D radar facility in the Arctic, as well as the possible inter-hemispheric coupling studies with the PANSY radar in the Antarctic.

キーワード：非干渉散乱レーダー、両極、上下結合

Keywords: incoherent scatter radar, bipolar, vertical coupling