

東南極における海洋 - 海氷 - 氷床システムの相互作用と変動の解明

青木茂¹、田村岳史²、Team ROBOTICA
¹北海道大学低温科学研究所 ²国立極地研究所

Research of Ocean-ice BOUNDARY INteraction and Change around Antarctica (ROBOTICA)

Shigeru Aoki¹, Takeshi Tamura² and Team ROBOTICA
¹ *Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University*
² *National Institute of Polar Research and Team ROBOTICA*

Antarctica and surrounding Southern Ocean are changing. Acceleration of ice mass loss and warming of the coastal ocean in the West Antarctica are the problems of substantial impacts on the global climate system. In the East Antarctica, which has been considered to be stable and attracted relatively less attention, regional characteristics of interactions among climate subsystems have been recently revealed and evidences of variations on various time scales from decades to millennium have been accumulating. Off Wilks Land underneath the Totten Glacier Ice Shelf, whose ice discharge is accelerating, a potential pathway of warm water access has been discovered (Greenbaum et al., 2015). Along the East Antarctic coast, at the same time, sea ice formation and subsequent brine rejection in polynyas, including Cape Darnley Polynya as the head of the list, result in production of Dense Shelf Water and lead to the export of bottom water (Ohshima et al., 2013; Kitade et al., 2014). In the Lutzow-holm Bay off Enderby Land, oceanic temperature variability on decadal time scale was observed, and disintegration/stabilization of the landfast ice and Shirase Glacier Tongue seem to have a quasi-periodicity of one to two decades. In the deep past during the Pliocene when the surface temperature was higher by several degrees than that of the present climate, geological evidence was found for the substantial disintegration of Ice Sheet for the George V Land (Cook et al., 2013). Despite the growing awareness on the importance of ice-ocean interaction and long-term variabilities off the East Antarctic Coast, quantitative descriptions and understandings of the mechanisms are still insufficient. Given the global impact of the coastal variability through the bottom water export, investigations of the mechanisms and variabilities in the East Antarctica are indispensable.

As for the oceans and ice sheets, importance of repeated observations to describe their variabilities and changes, even at an interval of two to three decades, was stressed at least as early as IGY period. From 1976, year-round hydrographic observations have been conducted occasionally in Lutzow-holm Bay by Japanese parties, which provides one of the longest observational records. Together with the asset of long record of tide gauge near Syowa station, Lutzow-holm Bay is the important monitoring site for the description of temporal variability. However, a constant and sustained observation system is not yet established due to the logistic difficulties of sea ice. Even the bathymetric information, which is essential in any discipline of oceanography, is still insufficient. However, recent rapid progress in the techniques of remote autonomous observation and satellite communication are beginning to change this situation. Hence, under the project called ROBOTICA for the coming 9th six-year plan (2016-2023), we plan to utilize state-of-the-art unmanned observations such as under-ice oceanographic, seafloor and cryospheric observations using ROV/AUVs, geodetic network observations of ice/ocean motion and deformation using GPS/ GNSS, and oceanographic observations using tethered and moored profiling observation systems (Fig. 1). Combinations with the conventional and robust observational techniques will enable us to acquire the detailed environmental information both in time and space. Implementation of this project can provide us a big step forward for realization of the dream of the sustained observation system around Antarctica. Application of the remote observation techniques to the new horizons such as Totten Glacier and Cape Darnley regions will enhance the understandings of the mechanisms of different ice-ocean interaction regimes.

Efforts for the automation in the oceanographic and cryospheric observations are rapidly developing world-wide. Australia that has been working in the same East Antarctic sector has initiated the Antarctic Gateway Partnership to establish the basic infrastructure and promote self-sustaining organization. Planning of international strategic observation is on-going by the international observational framework SOOS, Southern Ocean Observation System (Rintoul et al., 2014). In cooperation with the international movements, the development for the future sustained observational network is required now.

南極氷床とそれを取り巻く南大洋は変化しつつある。西南極における氷床の流出加速と沿岸海洋の暖水化は、地球気候システムにグローバルなインパクトを与える重要課題であるが、従来安定とされこれまであまり脚光を

浴びていなかった東南極においても、気候サブシステム間における相互作用の地域性や、そうした地域性を背景とした 10 年規模から数百万年規模の時間変動の存在が明らかになりつつある。陸氷流出が加速しつつあるウィルクスランド・トッテン氷河下の海底谷で、暖水アクセスの可能性のあるパスが新たに発見された (Greenbaum et al., 2015)。一方、ケープダンレー沖を筆頭として東南極域に偏在するポリニヤでは冷却による海水生産・ブライン排出により高密度陸棚水が形成され、底層水形成へとつながっている (Ohshima et al., 2013; Kitade et al., 2014)。リュツォホルム湾では 10 年規模での海水温変化が観測され、定着氷やしらせ氷河氷舌は 20 年程度の時間規模で形成・流出を繰り返している。過去を振り返ると、現代より数°C暖かった鮮新世の気候の下では、ジョージ 5 世ランドの氷床がかなり後退していた可能性がある (Cook et al., 2013)。このように東南極沿岸海洋においても 10 年規模以上の長期変動の存在が認識されているものの、変動現象の定量的な把握やメカニズムの解明はいまだ不十分である。南極沿岸域における変動は、底層水形成過程の変化を通してグローバルに影響を与える可能性があり、その実態解明は重要な課題である。

海洋や氷床について、20~30 年程度の間隔であっても変化を定期的に把握していくことの重要性は、少なくとも IGY の頃から構想されている。日本の観測隊は、1976 年が端緒となる世界的にみても長期間にわたり、リュツォ・ホルム湾域において通年海洋観測を幾度か実施してきた。また長年にわたる水位観測の蓄積もあり、長期変動把握のための定点として重要な位置を占める。しかし、こうした観測が定期的に継続・実施されるまでには到っていない。海洋観測では係留系を用いた通年観測は極めて標準的な手法であるが、海水の存在がロジスティック面での障害となり、観測の実現を困難にしてきた。海洋構造を根本的に規定する海底地形についてすら、そもそも十分な情報が得られていない。しかしながら、近年の遠隔観測技術や遠隔通信技術の急速な発展は、幾つかの面でこの障害を克服しつつある。そこで第 9 期では、ROBOTICA プロジェクトとして、ROV/AUV による氷下海洋・海底・氷況観測、GPS/GNSS 等の氷上多点展開による氷海運動変位観測、プロファイリング係留系による海洋・海氷観測といった新たな無人手法を従来の手法と融合させた観測により、時空間的に稠密な氷床・海氷動態、氷河底・近傍海洋の把握を実施する (図 1)。このことは定期的なモニタリング観測の実現という理想に向けて大きく前進することにつながる。またこうした技術をケープダンレーやトッテン氷河などへと展開することで、異なる相互作用レジームに関するメカニズムの解明が期待できる。

海洋・雪氷観測の無人化のこうした動きは、世界的にも急速に展開しつつある。東南極をターゲットとするオーストラリアが Antarctic Gateway Partnership を立ち上げ、急速な基盤整備と今後の恒常的な運用に向けた戦略を展開しつつある。国際的な枠組みである SOOS においても観測戦略の策定が急がれている (Rintoul et al., 2014)。こうした国際的な動向と協調しながら、将来的な観測網構築を見据えた基盤整備が今必要とされている。

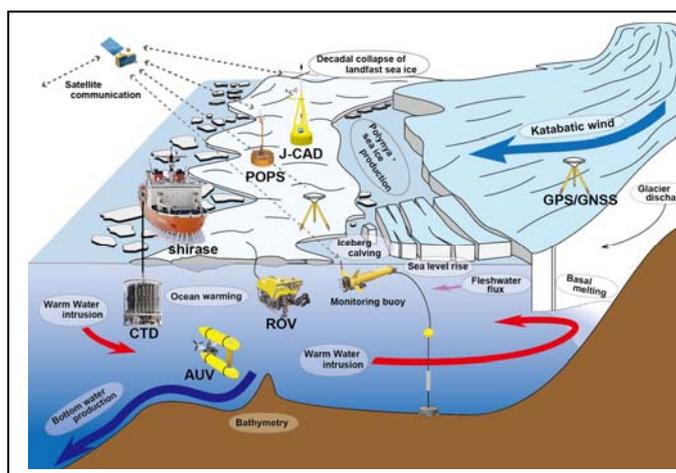


Fig. 1 Schematics of ROBOTICA

References

- Cook, C.P., and 338 coauthors, Dynamic behavior of the East Antarctic ice sheet during Pliocene warmth, *Nature Geoscience*, 6, 765-769, 2013.
- Greenbaum, J.S., and 10 coauthors, Ocean access to a cavity beneath Totten Glacier in East Antarctica. *Nature Geoscience*, 8, 294-298, 2015.
- Kitade, Y., and 9 coauthors, Antarctic Bottom Water production from the Vincennes Bay Polynya, East Antarctica, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 3528-3534, doi:10.1002/2014GL059971, 2014
- Ohshima, K.I., Y. Fukamachi, G.D. Williams, and 10 coauthors, Antarctic Bottom Water production by intense sea-ice formation in the Cape Darnley Polynya, *Nature Geoscience*, doi:10.1038/ngeo1738, 2013
- Rintoul, S.R., and 31 coauthors, Seeing below the ice: a strategy for observing the ocean beneath Antarctic sea ice and ice shelves, Report of the Southern Ocean Observing System, 2014.