

令和元年6月5日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26241010

研究課題名(和文)可聴下波動伝播特性による南極域の多圏融合物理現象解明と温暖化影響評価

研究課題名(英文) Study on physical interaction between multi-sphere and evaluation of global warming in the Antarctic by using propagation characteristics of subaudio frequency waves

研究代表者

金尾 政紀 (Kanao, Masaki)

国立極地研究所・研究教育系・准教授

研究者番号：40233845

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 29,580,000円

研究成果の概要(和文)：南極昭和基地の地震計と微気圧計の周波数解析により、脈動と微気圧擾乱の短時間変動、日周・季節・経年変化を求めた。また同基地の地震検知率を海水分布と比較・統計解析を行い、気象・気候・温暖化の影響を検討した。さらにリュツォ・ホルム湾域のアレイ観測網を用いて、氷河地震や氷震微動の時空間分布、周波数・波動伝播特性を調べた。

広域データを利用し、内陸部や西南極の氷河地震活動や音源を比較検討した。また砕氷船の走行観測により、南大洋上の大気・海面擾乱による南極表層環境への影響を精査した。波動伝播モデリングにより多圏間の物理相互作用メカニズムを推定し、観測による脈動・微気圧擾乱と比較して温暖化の影響を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

南大洋の海面擾乱とそれに伴う気圧変動による、南極域の浅層大気と固体地球表層への応答を明らかにし、またその波動群の振幅強度や周波数特性の経年変化を海水分布等との相関を調べた結果、温暖化の南半球高緯度帯への数年単位での影響を評価できた。

氷河地震活動の時空間分布の長期間の解析結果は、極域の温暖化モニタリングの新しい指標となり得ることが示され、地球規模環境変動の雪氷圏への影響とその増幅メカニズム解明への貢献が期待される。さらにインフラサウンドのアレイ解析により、海洋波浪、氷床・氷河・海水起源の振動の時空間分布を検知し、極域表層環境変動に伴う大気-海洋-雪氷-固体地球の相互作用の解明に貢献した。

研究成果の概要(英文)：Time-space variation of microseisms and microbaroms in the Antarctic was investigated using data from seismographs and infrasound at Syowa Station. Statistical approach for detectability of teleseismic events revealed strong correlation with meteorological data and sea-ice extents around the area. Array observations in the Lutzow-Holm Bay detected source locations of ice-quakes and ice-tremors with their frequency contents and wave propagation characteristics. Data from large areas in the Antarctic obtained regional characteristics of ice-quake activities in inland plateau of East Antarctica and TeraNova Bay. Continuous infrasound observations over Indian Ocean by ice-breaker vessel identified far-field effects from atmosphere-ocean variations toward the surface environment of the continent. Numerical modelling approaches of wave propagation across multi-sphere in polar environment implied validation of physical interaction between spheres in comparison with observed data.

研究分野：地震学、地球物理学

キーワード：氷河地震 温暖化 インフラサウンド 脈動波浪 氷震微動 多圏融合物理現象

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 地球温暖化による気候変動と海面上昇が、氷河・氷床の縮小や棚氷流出と関連して大きな社会的問題として提起されている。極地では近年、氷河・氷床・海水の急激な変動に関連した「氷河地震」が発見され、特にグリーンランドでは21世紀に入り発生数が急激に増加した。また海洋変動や氷床後退に伴う固体地球の隆起応答と地震発生との関連も指摘され、氷河地震活動を把握することは、温暖化モニタリングの新しい指標となりうる。

(2) 南極域でも波浪脈動に同期した「微気圧擾乱」が励起される可能性があり、その検知には南大洋から数千 km を伝播できる可聴下音波（インフラサウンド）が最も有効である。しかし南極域での高サンプリング収録による微気圧擾乱の検知、また地震計との比較による大気-海洋-固体圏の学際的研究は皆無である。インフラサウンドからは波浪以外にも、火山噴火、大地震、津波、隕石の落下や空中爆発、オーロラで励起される衝撃波、氷床・氷河起源の振動等、多岐にわたる物理現象の解明が期待される。

### 2. 研究の目的

極域において様々な励起源をもつ可聴下周波数帯域（数 10Hz ~ 0.001Hz）の波動伝播特性から、大気-海洋-雪氷-固体地球という多圏システムにおける物理的相互作用のメカニズムを解明する。特に近年、氷床後退や氷河・海水の流出に伴う振動現象である「氷河地震（Glacial Earthquakes）」が極域で顕著に増加しており、その特徴的な地震波動の伝搬特性と震源域の発生機構を求めると。また、数秒～30秒の周期をもつ地球表面の「脈動（Microseisms）」と「微気圧擾乱（Microbaroms）」に焦点を当て、南大洋の海面擾乱とそれに伴う気圧変動による、南極域の浅層大気と固体地球表層への応答を明らかにする。さらに、その波動群の振幅強度や周波数特性の経年変化を、海水分布等と相関解析を行い、温暖化の南半球高緯度帯への長期的な影響について評価する。

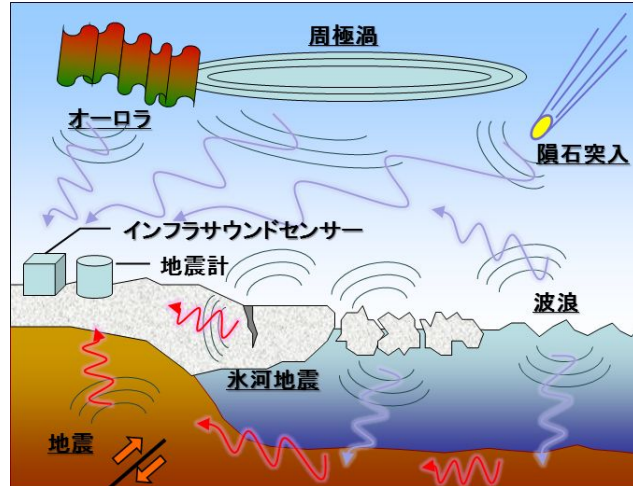


図1：極域の地震計・微気圧計で観測される波動現象

### 3. 研究の方法

- (1)「時系列解析」：南極の昭和基地で得られた広帯域地震計と微気圧変動計の長期間データの周波数解析により、脈動と微気圧擾乱の短時間変動、日周・季節変化、並びに経年変化を求めると。両データのスペクトル相関と共に、同基地の地震検知率や海水分布の季節変化と比較する。
- (2)「氷河地震」：震源の時空間分布や発生メカニズム、周波数特性、波動伝播特性を調べる。
- (3)「広域解析」：昭和基地外の観測点や、内陸の日米国際共同観測データを併せて利用し、南極の他地域の結果も含めて考察する。また、南大洋上の大気・海面擾乱による南極大陸の浅層地殻及び表層大気への広範囲な影響を精査する。
- (4)「波動伝播モデリング」：多圏間の物理相互作用メカニズムを推定し、観測による脈動・微気圧擾乱の振幅強度の経年変化と比較して温暖化の影響を評価する。

### 4. 研究成果

- (1)「時系列解析」：昭和基地の微気圧データ（2008-2010年）のスペクトル解析から、脈動と微気圧擾乱の短時間変動、日周・季節・経年変化を求めた（Ishihara et al., 2015）。さらに長期間（2008-2017年）の時系列解析より海洋波浪の大陸棚起源のモードが顕著に検知され、振幅と周波数の季節・経年変化が基地の気象データと非常に良い相関が得られた（Ishihara et al., 2017）。また昭和基地の地震検知率の統計解析により、季節依存性と気温との相関を調べ（Iwata and Kanao, 2015）、さらに海水・風速・微気圧変動データとの相関を調べた（岩田, 2018）。また国際地震センター（ISC）への報告地震数の長期変動と季節変化を検討した（Storchak et al., 2015）。
- (2)「氷河地震」：昭和基地で2013-2015年に記録された氷震微動の波形・周波数変動の特徴から、3グループに分類して季節変化と周辺環境、特に海水変動との関連を調べた（Tanaka et al., 2019）。またリュツォ・ホルム湾域の冰山・海水・氷河変動に伴う高周波共鳴地震微動を海水衛星データと対比し、定着氷と冰山の衝突等、発生原因について考察した（Kanao, 2017; Kanao et al., 2017a）。さらに内陸ドーム域の氷震活動についても可能性を検討した（Kanao, 2018a）。昭和基地の位置する東オンゲル島で実施した地震アレイデータ解析より、タイドクラック起源の氷震イベントの震源決定を行った（中元・金尾, 2018）。また沿岸露岩域でインフラサウンドと可聴音の比較観測から、氷河崩落に伴うイベント検出を行った（山本・他, 2018）。グリーンランドやシベリアを含む、北極全域の地震活動と地殻構造について最新成果のレビュー（Kanao et al., 2015）、雪氷圏地震学の国内外の最近の動向を取りまとめた（Kanao, 2018b）。

(3)「広域解析」: 昭和基地の微気圧変動アレイ観測データから、南大洋起源の波浪をはじめ各周波数帯の波動の到来方向推定を行った (Murayama et al., 2015)。その後、昭和基地と氷床上のアレイデータを組み合わせて各周波数帯の波動の到来方向推定を行い、リュツォ・ホルム湾の波浪や海氷振動を起源とするイベント検知を行った (Murayama et al., 2017)。その結果、2015年4月の海氷流出時期と音波位置との明瞭な相関が得られた。さらに2016年4月の海氷流出に伴う音源位置も詳細に求められた (Murayama et al., 2018)。インフラサウンドアレイによる海氷流出イベントの音源位置の高精度推定は、南極域では初めての結果である。

南大洋上の大気・海面擾乱による南極への広範囲な影響を調べるため、砕氷船「しらせ」の走行観測により南大洋を通過する測線上で微気圧データを取得し、スペクトル解析により波浪モードの検知を行い、船上の波浪起源の振動解析から船体動揺による高度変化の影響を評価した (柿並・他, 2018)。また、南極テラノバ湾の韓国ジャンボゴ基地での日韓共同インフラサウンド観測のデータ解析を行い、同地域の波浪脈動の変動について考察した (Kanao et al., 2017b)。昭和基地を含む両極域の広帯域地震計データのスペクトル解析から、巨大地震で励起される地球中心核の低周波固有モードの励起状態の緯度分布を推定した (Shimizu et al., 2015)。さらに南極プレート全域の上部マントル3次元温度構造モデルを、国際極年 (IPY) で南極大陸全域に展開した地震計データを用いたトモグラフィー解析により推定した (An et al., 2015b)。

(4)「波動伝播モデリング」: 南大洋の脈動による微気圧擾乱の励起メカニズム推定のため、大気-海洋-固体地球間のマルチスケール・カップリングの有限要素法による精密モデリングを行った。 (Matsumura and Kanao, 2015)。また、ベイズ的手法によるS波速度構造推定方法を開発し、地殻浅部の2層構造を用いた数値実験による検証を行った (Cho and Iwata, 2018)。

グリーンランド氷床を伝搬する地震波形計算により、氷床の厚さや基盤深度情報も加味して、氷床中を伝わる実体波 (ice waves) の生成様式を推定した (Toyokuni et al., 2015)。また氷床観測点のノイズ相関解析により、氷床底部の温度状態を地震波干渉法による波形解析から推定した (Toyokuni et al., 2018)。氷床底部に感度を持つ表面波を抽出し、その位相速度の4.5年分の季節・経年変化を調べた結果、隣接する地域でも速度変化のパターンが逆転する現象が見いだされ、氷床底部の融解・凍結状態を反映していることが示された。今後は3成分に拡張して解析を行い、氷床下の地殻・上部マントル熱構造と氷床下部・及び底面での融解状態の3次元構造を把握する。島内全域のマッピングと共に経年・季節変化を検知することで、温暖化の極域氷床への影響とその増幅メカニズム解明への貢献が期待される。

(5)「その他」: 上記各項目の基礎となる物理パラメータとして、地震波の伝搬媒質となる固体地球表層と大陸氷床の微細構造推定を研究期間の前半に行った。国際極年で得られた南極域の広域データ (POLENET; Kanao et al., 2014a) の表面波トモグラフィーより、南極プレートの上部マントル不均質構造を非常に高い空間分解能で求めた (An et al., 2015a)。また東南極の広域リソスフェア構造をロシア等のデータを加えて再検討した (Kanao et al., 2014b)。さらに観測波源が密集する南極プレート周辺の地震活動の時空間分布の特徴を調べた (Kanao, 2014)。本研究の成果を含め、国際極年における極域地震学の研究成果をエルゼビア社の Polar Science 特集号として編集・出版した (2015, Vol. 9, Issue 1, ELSEVIER 社、Kanao et al. 他、計15編)。

## 5. 主な発表論文等

### [雑誌論文](計63件)

Tanaka, Y., Y. Hiramatsu, Y. Ishihara and M. Kanao, Characteristics of non-tectonic tremors around the Lützow-Holm Bay, East Antarctica, during 2013–2015, *Polar Science*, 19, 77-85, DOI:10.1016/j.polar.2018.11.010, 2019, 査読あり

Cho, I., and T. Iwata, Development and numerical tests of a Bayesian approach to inferring shallow velocity structures using microtremor arrays, *Exploration Geophysics*, DOI:10.1071/EG18011, 2018, 査読あり

Kanao, M., Seismic Detection in Inland Plateau of East Antarctica, *Polar Seismology - Advances and Impact*, ISBN 978-1-78923-569-2, 7, 65-73, IntechOpen, London, United Kingdom, DOI:10.5772/intechopen.78556, 2018a, 査読あり

Kanao, M., A New Trend in Cryoseismology - Proxy for Detection of Polar Surface Environment, *Polar Seismology - Advances and Impact*, ISBN 978-1-78923-569-2, 8, 75-86, IntechOpen, London, United Kingdom, DOI:10.5772/intechopen.78557, 2018b, 査読あり

Murayama, T., M. Kanao and M.-Y. Yamamoto, Characteristic infrasound events associated with sea-ice discharges in the Lützow-Holm Bay of Antarctica: April 2016, *Antarctica - A Key To Global Change*, ISBN 978-953-51-6851-5, IntechOpen, London, United Kingdom, 1-10, DOI:10.5772/intechopen.83023, 2018, 査読あり

Toyokuni, G., H. Takenaka, R. Takagi, M. Kanao, S. Tsuboi, Y. Tono, D. Childs and D. Zhao, Changes in Greenland ice bed conditions inferred from seismology, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 277, 81-98, DOI:10.1016/j.pepi.2017.10.010, 2018, 査読あり

岩田貴樹, 複数の気象要因を用いた南極・昭和基地における地震検知能力の季節変化の統計モデル化, *月刊地球* 2018年9月号<通巻468号>, 40, 485-492, 2018, 査読なし

柿並義宏・金尾政紀・村山貴彦・山本真行, しらせ船上でのインフラサウンド観測, 月刊地球 2018年9月号<通巻468号>, 40, 507-514, 2018, 査読なし  
中元真美・金尾政紀, 東オングル島における地震計アレイ観測, 月刊地球 2018年9月号<通巻468号>, 40, 493-501, 2018, 査読なし  
山本真行・反町玲聖・竹内由香里, 南極スカーレン氷河周辺におけるインフラサウンドと可聴音の比較観測, 月刊地球 2018年9月号<通巻468号>, 40, 552-557, 2018, 査読なし

Ishihara, Y., M.-Y. Yamamoto, T. Murayama, T. Matsushima and M. Kanao, Long-term variations in infrasound signals observed at Syowa Station, Antarctica: 2008-2014, *InfraMatics*, 3, 1-10, DOI:10.4236/inframatics.2017.31001, 2017, 査読あり

Kanao, M., Statistics of seismic tremors with harmonic overtones recorded at Syowa Station, Antarctica: October 2014 - March 2015, *Inter. J. Geosci.*, 8, 811-820, DOI:10.4236/ijg.2017.86046, 2017, 査読あり

Kanao, M., T. Murayama, M.-Y. Yamamoto and Y. Ishihara, Seismic tremors and their relation to cryosphere dynamics in April 2015 around the Lützow-Holm Bay, East Antarctica, *Inter. J. Geosci.*, 8, 1025-1047, DOI:10.4236/ijg.2017.88058, 2017a, 査読あり

Kanao, M., Y. Park, T. Murayama, W. S. Lee, M.-Y. Yamamoto, H. J. Yoo, Y. Ishihara, J. S. Kim, T. Oi and J. H. Jung, Characteristic Atmosphere and Ocean Interactions in the Coastal and Marine Environment Inferred from Infrasound Data at Teranova Bay, West Antarctica, *Annals of Geophysics*, 6(5), A0554, DOI:10.4401/ag-7364, 2017b, 査読あり

Murayama, T., M. Kanao, M.-Y. Yamamoto, Y. Ishihara, T. Matsushima, Y. Kakinami, K. Okada, H. Miyamachi, M. Nakamoto, Y. Takeuchi and S. Toda, Time-space variations of infrasound sources related to environmental dynamics around the Lützow-Holm Bay, East Antarctica, *Polar Science*, 14, 39-48, DOI:10.1016/j.polar.2017.10.001, 2017, 査読あり

An, M., D. A. Wiens, Y. Zhao, M. Feng, A. A. Nyblade, M. Kanao, Y. Li, A. Maggi and J.-J. Lévêque, The Antarctic Plate from Surface Wave Observations: S-velocity Model and Moho Topography, *J. Geophys. Res.*, 120(1), 359-383, 2015, DOI:10.1002/2014JB011332, 2015a, 査読あり

An, M., D. A. Wiens, Y. Zhao, M. Feng, A. A. Nyblade, M. Kanao, Y. Li, A. Maggi and J.-J. Lévêque, Temperatures, inferred lithosphere-asthenosphere boundary, and heat flux beneath the Antarctic Plate, *J. Geophys. Res.*, 120(12), 8720-8742, DOI:10.1002/2015JB011917, 2015b, 査読あり

Ishihara, Y., M. Kanao, M.-Y. Yamamoto, S. Toda, T. Matsushima and T. Murayama, Infrasound Observations at Syowa Station, East Antarctica - An Implication for Detecting the Surface Environmental Variations in Polar Region -, *Geosci. Frontiers*, 6, 285-296, DOI:10.1016/j.gsf.2013.12.012, 2015, 査読あり

Iwata, T. and M. Kanao, The Quantitative Evaluation of the Annual Variation in the Teleseismic Detection Capability at Syowa Station, Antarctica, *Polar Science*, 9, 26-34, DOI:10.1016/j.polar.2014.10.002, 2015, 査読あり

Kanao, M., V. D. Suvorov, S. Toda and S. Tsuboi, Seismicity, structure and tectonics in the Arctic regions, *Geosci. Frontiers*, 6, 665-677, DOI:10.1016/j.gsf.2014.11.002, 2015, 査読あり

⑲ Kanao, M., D. Zhao, D. A. Wiens and E. Stutzmann, Recent Advance in Polar Seismology: Global Impact of the International Polar Year - Overview, *Polar Science*, 9, 1-4, DOI:10.1016/j.polar.2014.12.003, 2015, 査読あり

⑳ Murayama, T., M. Kanao, M.-Y. Yamamoto, Y. Ishihara, T. Matsushima and Y. Kakinami, Infrasound Array Observations in the Lützow-Holm Bay region, East Antarctica, *Polar Science*, 9, 35-50, DOI:10.1016/j.polar.2014.07.005, 2015, 査読あり

㉑ Shimizu, H., Y. Hiramatsu and I. Kawasaki, Search for latitudinal variation of spectral peak frequencies of low-frequency eigenmodes excited by great earthquakes, *Polar Science*, 9, 17-25, DOI:10.1016/j.polar.2014.07.002, 2015, 査読あり

㉒ Storchak, D. A., M. Kanao, E. Delahaye and J. Harris, Long-term accumulation and improvements in seismic event data for the polar regions by the International Seismological Centre, *Polar Science*, 9, 5-16, DOI:10.1016/j.polar.2014.08.002, 2015, 査読あり

㉓ Toyokuni, G., H. Takenaka, M. Kanao and S. Tsuboi, Numerical modeling of seismic waves for estimating influence of the Greenland ice sheet on observed seismograms, *Polar Science*, 9, 80-93, DOI:10.1016/j.polar.2014.12.001, 2015, 査読あり

㉔ Kanao, M., Seismicity in the Antarctic continent and surrounding ocean, *Open J. Earthq. Res.*, 2014, 5-14, DOI:10.4236/ojer.2014.31002, 2014, 査読あり

㉕ Kanao, M., D. Wiens, S. Tanaka, A. Nyblade, G. Toyokuni, P. Shore, S. Tsuboi, D. Heeszel, Y. Usui and T. Parker, Broadband seismic deployments in East Antarctica: IPY contribution to monitoring the Earth's interiors, *Annals of Geophysics*, 57, SS0322, DOI:10.4401/ag-6379,

2014a, 査読あり

- ⑳ Kanao, M., V. D. Suvorov, M. Yamashita and B. Mishenkin, Crustal structure and tectonic evolution of Enderby Land, East Antarctica, by deep seismic surveys, *Tectonophysics*, 627, 38-47, DOI:10.1016/j.tecto.2014.04.014, 2014b, 査読あり

[学会発表](計 114 件)

- Ishihara, Y., T. Murayama, M.-Y. Yamamoto, T. Matsushima and M. Kanao, Infrasound observation at Japanese Antarctic Station :10 years observations and results, AGU 2018 Fall Meeting, S53D-0437, Washington DC, USA, December 10-14, 2018
- Kanao, M., T. Murayama, M.-Y. Yamamoto and Y. Ishihara, Temporal-spatial variations in infrasound sources related to cryosphere dynamics in Lützow-Holm Bay Region, Antarctica, EGU General Assembly, X1.310, Vienna, Austria, April 8-13, 2018
- Tanaka, Y., Y. Hiramatsu, Y. Ishihara and M. Kanao, Classification of ice tremor recorded at Syowa Station in Antarctica, Joint Scientific Assembly of IASPEI-IAG, J01-P-01, Kobe, Japan, July 30 - August 4, 2017
- Toyokuni, G., H. Takenaka, R. Takagi, M. Kanao, S. Tsuboi, Y. Tono, D. Childs and D. Zhao, SEISMOLOGICAL EVIDENCE FOR ICE SHEET PRESSURE MELTING IN GREENLAND, ASSW-2017, O 062, Clarion Congress Hotel, Prague, Czech Republic, March 31- April 7, 2017
- Kanao, M., Long-term seismic monitoring since IGY, data archives and publication of Syowa Station, East Antarctica, SciDataCon, Polar Data in the Global System O7, Denver Downtown Hotel, Denver, Colorado, USA, September 11-13, 2016
- Kanao, M., Y. Park, T. Murayama, W. S. Lee, M.-Y. Yamamoto, H. J. Yoo, Y. Ishihara, J. S. Kim, T. Oi and J. H. Jung, Characteristic atmosphere and ocean interactions in the coastal and marine environment inferred from infrasound data at Tera Nova Bay, Antarctica, 22<sup>nd</sup> ISPS, PS-006, Korea Polar Research Institute, Incheon, Republic of Korea, May 10-11, 2016
- Kanao, M., T. Murayama, M.-Y. Yamamoto, Y. Ishihara, T. Matsushima, S. Toda, Y. Kakinami and K. Okada, Identification of the multi-sphere sources in the coastal and marine environment inferred from infrasound array observations in East Antarctica, the 26<sup>th</sup> General Assembly of IUGG, S01e, IUGG-0303, Prague, Czech Republic, June 22 - July 2, 2015
- Matsumura, M. and M. Kanao, Simultaneous modelling of microbaroms and microseisms using CIP-CUP scheme, AGU Fall 2015 Meeting, S51C-2696, San Francisco, California, USA, December 14-18, 2015
- Toyokuni, G., H. Takenaka, M. Kanao, S. Tsuboi and Y. Tono, Seismic waveform modelings for estimating influence of the ice sheet on observed seismograms, AGU Fall 2015 Meeting, S23B-2705, San Francisco, California, USA, December 14-18, 2015

[図書](計 12 件)

- Kanao, M., M.-Y. Yamamoto and G. Toyokuni (Eds.), Special Issue on "Antarctica - A Key To Global Change", ISBN 978-1-78985-816-7, Chapter 1-8, pp.121, IntechOpen, London, United Kingdom, <https://www.intechopen.com/books/antarctica-a-key-to-global-change>, 2019
- Kanao, M. (Ed.), A Special Issue on "Polar Seismology - Advances and Impact", ISBN 978-1-78923-569-2, Monograph, Chapter 1-10, pp.105, IntechOpen, London, United Kingdom, DOI:10.5772/intechopen.78404, 2018
- 金尾政紀 (監修), 雪氷圏地震学 (上) -極域表層環境の新指標-, 月刊地球 2018 年 9 月号<通巻 468 号>, Vol. 40, No.9, pp. 49, 海洋出版, 2018
- 金尾政紀 (監修), 雪氷圏地震学 (下) -極域表層環境の新指標-, 月刊地球 2018 年 10 月号<通巻 469 号>, Vol. 40, No.10, pp. 48, 海洋出版, 2018
- Kanao, M., D. Zhao, D. A. Wiens and E. Stutzmann (Eds.), A Special Issue on "Recent Advance in Polar Seismology - Global Impact of the International Polar Year -", *Polar Science*, 9, pp.184, ELSEVIER, <https://www.sciencedirect.com/journal/polar-science/vol/9/issue/1>, 2015
- 金尾政紀 (監修), 長周期波動からわかる地球システムと極域表層環境 -I-, 月刊地球 2015 年 7 月号<通巻 430 号>, Vol. 37, No.7, pp. 39, 海洋出版, 2015
- 金尾政紀 (監修), 長周期波動からわかる地球システムと極域表層環境 -II-, 月刊地球 2015 年 8 月号<通巻 431 号>, Vol. 37, No.8, pp. 43, 海洋出版, 2015
- 金尾政紀 (監修), 長周期波動からわかる地球システムと極域表層環境 -III-, 月刊地球 2015 年 9 月号<通巻 432 号>, Vol. 37, No.9, pp. 49, 海洋出版, 2015

[その他](計 4 件)

- 金尾政紀, 砕氷船アラオンでの韓国・ジャンボゴ基地探訪 - 西南極テラノバ湾周辺の最新トピクス -, 極地, 102, 39-50, 2016
- 金尾政紀, 「温暖化で氷河地震多発」, 読売新聞多摩版「週刊たま手箱」, 2月3日朝刊, 30p, 2016

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：山本 真行  
ローマ字氏名：(YAMAMOTO, masayuki)  
所属研究機関名：高知工科大学  
部局名：システム工学群  
職名：教授  
研究者番号(8桁)：30368857

研究分担者氏名：岩田 貴樹  
ローマ字氏名：(IWATA, takaki)  
所属研究機関名：常磐大学  
部局名：人間科学部  
職名：准教授  
研究者番号(8桁)：30418991

研究分担者氏名：平松 良浩  
ローマ字氏名：(HIRAMATSU, yoshihiro)  
所属研究機関名：金沢大学  
部局名：地球社会基盤学系  
職名：教授  
研究者番号(8桁)：80283092

研究分担者氏名：石原 吉明  
ローマ字氏名：(IHISHARA, yoshiaki)  
所属研究機関名：国立研究開発法人国立環境研究所  
部局名：地球環境研究センター  
職名：特別研究員  
研究者番号(8桁)：80400232

研究分担者氏名：長尾 大道  
ローマ字氏名：(NAGAO, hiromichi)  
所属研究機関名：東京大学  
部局名：地震研究所  
職名：准教授  
研究者番号(8桁)：80435833

研究分担者氏名：坪井 誠司  
ローマ字氏名：(TSUBOI, seiji)  
所属研究機関名：国立研究開発法人海洋研究開発機構  
部局名：地球情報基盤センター  
職名：情報技術担当役  
研究者番号(8桁)：90183871

研究分担者氏名：豊国 源知  
ローマ字氏名：(TOYOKUNI, genti)  
所属研究機関名：東北大学  
部局名：理学研究科  
職名：助教  
研究者番号(8桁)：90626871

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：家森 俊彦  
ローマ字氏名：(IYEMORI, toshihiko)

研究協力者氏名：古本 宗充  
ローマ字氏名：(FURUMOTO, muneyoshi)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。