

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21253001

研究課題名(和文) 第四紀後期の東南極氷床変動史の復元と地球環境変動システムの解明

研究課題名(英文) The elucidation of a global environment change system on the basis of the East Antarctic Ice history

研究代表者

三浦 英樹 (MIURA, Hideki)

国立極地研究所・研究教育系・助教

研究者番号：10271496

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,600,000円、(間接経費) 10,980,000円

研究成果の概要(和文)：東南極内陸部のセール・ロンダーネ山地の露岩域における氷河地形地質学調査，岩石試料を用いた表面露出年代測定手法の開発・測定に基づき，第四紀における大規模な氷床高度の低下が地球全体の寒冷化に伴う海洋循環・水分輸送システムの再編成に由来するものであること，また最終氷期以降の当地域の融解量が従来の予測より小さいことを明らかにした。また、リュツォ・ホルム湾沖の南大洋・インド洋区で採取された海底堆積物と反射法地震探査およびシービームによる地形調査から、この地域のコンラッド海台では、南極周極流の緯度方向への変化と関連する2回の大きな堆積環境の変化が生じたことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Three distinct deglaciation phases since Pliocene for this sector of the EAIS are identified, based on rock weathering and ^{10}Be surface exposure data at the Sor Rondane Mountains, East Antarctica, based on detailed geomorphological survey, cosmogenic exposure dating. The ice sheet was thinned by at least 535 m during the Plio-Pleistocene. This thinning is attributed to the reorganization of Southern Ocean circulation associated with the global cooling into the Pleistocene, which reduced the transport of moisture from the Southern Ocean to the interior of EAIS. The data also show since the Last Glacial Maximum the ice surface has lowered less than 50 m and probably started after ca. 14 ka. In addition, the multibeam bathymetry, multi-channel seismic reflection, and sediment coring surveys on the Conrad Rise, located in the southern Indian Ocean sector of the ACC reveal the northward shift of the ACC.

研究分野：地理学

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：第四紀 東南極氷床 氷床変動史 野外地形地質調査 地球環境変動システム

1. 研究開始当初の背景

(1) 最終氷期-後氷期の東南極氷床変動史：南極氷床のうち、氷床底面が海面下に位置する西南極氷床は海水準変動に敏感であり、第四紀・氷期の北半球氷床の発達に伴う海面低下時には末端が大陸棚前縁まで前進し、間氷期には海面上昇により不安定化した棚氷が流出して末端が後退するため、北半球氷床の挙動と同期すると考えられてきた（例えば、Stuiver et al., 1981 の CLIMAP model）。一方、東南極氷床は、氷床底面がほとんど陸上にあり海水準変動の影響を受けないにも関わらず、これまで地形地質学的実証データがほとんどないため、西南極氷床と同様、北半球と同期した挙動を示すと漠然と考えられてきた。研究代表者は、これまで5回の日本南極地域観測隊に参加し、東南極リュツォ・ホルム湾の沿岸露岩において氷河堆積物の分布とそれを覆う海成層に含まれる貝化石の放射性炭素年代から、東南極氷床の末端が最も拡大した時期は、北半球氷床が最拡大した最終氷期最盛期（LGM）の約2万年前ではなく、約5万年前以前であることを明らかにした（Miura et al., 1998abc）。この東南極氷床と北半球氷床の変動のタイミングがずれる原因は、南北半球で位相にずれがある歳差運動や離心率による日射量変動の影響が考えられる。もし、第四紀の東南極氷床変動が北半球氷床と異なる挙動を示すならば、地球規模の海水準変動に影響を与えたばかりでなく、北大西洋と並ぶ海洋深層水の形成場である南極大陸周辺海域に北大西洋とは異なる時期に淡水を流入することにもなり、海洋熱塩循環への影響を通じて東南極氷床が第四紀の気候変動を支配するもう一つの鍵となりうる可能性がある。東南極氷床の変動が地球規模の海水準変動や海洋熱塩循環に与えた影響と原因を、より定量的に議論するためには、最終氷期から後氷期にかけての東南極氷床の高度と氷床末端における面的範囲（その大部分は現在の海面下にある）の変化の歴史、および氷床の拡大直前・後退直後の海洋環境の変化を正確に明らかにする必要がある。

(2) 中期-後期更新世の東南極氷床変動史：東南極内陸部のセール・ロンダーネ山地は、様々な高度に氷河地形地質を残すヌナタクが存在するため、過去の東南極氷床の表面高度の変化を明らかにすることができるフィールドである。氷河地形地質とそれに宇宙線表面照射年代法を適用した従来の日本の南極観測隊の氷床変動研究は、この地域の氷床は400万年前以前に山地の殆どを覆っていたが、その後300万年前から表面の低下が生じて160万年前までに約600m低下したのち、最終氷期を通じて現在まで大きな高度変化が生じなかったことを明らかにした（Moriwaki et al., 1992）。しかし、最近、Stone (2000) は、南極上空は大気が薄いいため宇宙線核種の生成率が従来考えられてい

たより約25-30%も高い値になることを示した。そのため、従来の南極の年代値は新しくなり、セール・ロンダーネ山地における氷床高度の大規模な低下時期は約100~80万年前まで遡る可能性が出てきた。ちょうどこの時期は、第四紀の氷期-間氷期サイクルが4.1万年周期（氷床量変化は低振幅）から10万年周期（高振幅）へ変化する時期（Mid Pleistocene Transition: MPT）に対応することから、東南極氷床の大規模な変動が、この変化の原因であるという仮説が考えられる。すなわち、もし内陸の東南極氷床の高度が、約100~80万年前を境に急激に600mも低下したならば、この時代を境に、氷床の面的範囲も大きく変化したはずである。内陸で東南極氷床が高く発達した時代には、氷床末端は棚氷となって広く拡大（一部は現在の大陸棚に着底）し、アルベドは大きくなり、棚氷下では重く冷たい南極底層水が生成される。大きなアルベドをもつ氷床と低温の南極底層水が覆う地球表層の気温は低下し、高緯度で卓越する4.1万年周期の日射量変動に応答して不安定な棚氷のみが小規模に拡大・縮小を繰り返す。一方、内陸の氷床高度が低下し、末端の棚氷も縮小した時代には、アルベドは小さく南極底層水の生成も減少する。そのため、地球の気温は上昇するとともに、棚氷も縮小して4.1万年周期の日射量変動への応答がなくなり、代わって北半球中緯度の10万年周期の日射量に反応した北半球氷床の変動サイクルへ変化する。この仮説を検証するためには、中期から後期更新世にかけての東南極氷床の内陸部の高度変化とそれに対応する氷床末端位置（その大部分は現在の海面下にある）を復元する必要がある。

2. 研究の目的

(1) 約10万年前以降の「最終氷期-後氷期」における東南極氷床の面的空間的変動の歴史を明らかにして、東南極氷床変動が最終氷期の地球規模の海水準変動に果たした役割を検討すること。

(2) 約100~80万年前の「中期-後期更新世」において、東南極氷床の規模が大きく変動したことを明らかにして、東南極氷床が変動する原因を検討すること。

3. 研究の方法

(1) 南極内陸山地における氷河堆積物、氷食地形の調査：表面照射年代用岩盤試料を採取して、LGMの年代を示す試料が存在するかどうかを確認する。また、最終氷期に南極氷床内陸部の氷床表面高度が低下したかどうかを検証し、LGMの南極氷床モデル改良のための内陸部氷床高度の制約条件をさらに厳密化する。さらに、氷河地形地質学的調査および表面照射年代試料の採取と年代測定により、内陸山地における氷床表面高度の大きな低下の時期がMPTと一致するか否かを検証する。

(2) 海底地形・堆積物の調査と採取：マルチナロービームを用いた南極海および南極大陸縁辺の海底下の地形・堆積物の調査から、南極大陸陸における氷床の拡大・縮小過程、南大洋における。

4. 研究成果

(1) 東南極氷床の変動史の復元

・東南極大陸棚では、新「しらせ」に搭載されたマルチナロービームを用いて海底下の氷河地形の調査を行った。その結果、過去に大陸棚末端付近まで氷床が着底したこと、現在の沿岸付近での堆積物の欠如が明らかにされた。この最後の氷床最拡大期の時代は不明であるが、陸上の氷床変動の層序からみて、最終氷期最盛期以前の時代であると予想された。また、沿岸付近の堆積物の欠如は、氷床拡大期における氷床底面における大量の融解水の存在を示唆すると考えられた。

・東南極内陸部のセール・ロンダーネ山地の露岩域における氷河地形地質学調査、岩石試料を用いた表面露出年代測定手法の開発・測定、およびグラシオハイドロアイソスタシーモデル(GIAモデル)に基づき、第四紀におけるドロニンングモードランド地域の東南極氷床高度変動を定量的に復元した。そして、第四紀における大規模な氷床高度の低下が地球全体の寒冷化に伴う海洋循環・水分輸送システムの再編成に由来するものであること、また最終氷期以降の当地域の融解量が従来の予測より小さいことを明らかにした。

(2) 南大洋の地形・堆積物の解析と海洋環境変動史の復元

・リュツォ・ホルム湾沖の南大洋・インド洋区で採取された海底堆積物と反射法地震探査およびシービームによる地形調査から、この地域のコンラッド海台では、南極周極流の緯度方向への変化と関連する2回の大きな堆積環境の変化が生じたことを明らかにした。

5. 主な発表論文等〔雑誌論文〕(計 8 件)

Suganuma, Y., Miura, H., Zondervan, A., Okuno, J., East Antarctic deglaciation and the link to global cooling during the Quaternary: Evidence from glacial geomorphology and ^{10}Be surface exposure dating of the Sør Rondane Mountains, Dronning Maud Land, Quaternary Science Reviews, 査読有り, in press, 2014

DOI: 10.1016/j.quascirev.2014.05.007

Okuno, J., Nakada, M., Ishii, M., Miura, H., Vertical tectonic crustal movements along the Japanese coastlines inferred from late Quaternary and recent relative sea-level changes, Quaternary Science Reviews, 査読有り, in press, 2014

DOI: 10.1016/j.quascirev.2014.03.010

Mackintosh, A.M., Verleyen, E., O'Brien, P.E., White, D.A., Jones, R.S., McKay, R., Dunbar, R., Gore, D.B., Fink, D., Post, A.L., Miura, H., Leventer, A., Goodwin, I., Hodgson, D.A., Lilly, K., Crosta, X., Golledge, N.R., Wagner, B., Berg, S., van Ommen, T., Zwartz, D., Roberts, S.J., Vyverman, W., Masse, G., Retreat history of the East Antarctic Ice Sheet, Quaternary Science Reviews, 査読有り, in press, 2014

DOI: 10.1016/j.quascirev.2013.07.024

Oiwane, H., Ikehara, M., Suganuma, Y., Miura, H., Nakamura, Y., Sato, T., Nogi, Y., Yamane, M., Yokoyama, Y., Sediment waves on the Conrad Rise, Southern Indian Ocean: implications for the migration history of the Antarctic Circumpolar Current, Marine Geology, 査読有り, Vol. 348, 2013, 27-36

DOI: 10.1016/j.margeo.2013.10.008

Okuno, J., Miura, H., Last deglaciation relative sea level variations in Antarctica derived glacial isostatic adjustment modelling, Geoscience Frontier, 査読有り, Vol. 4, 2013, 623-632

DOI: 10.1016/j.gsf.2012.11.004

Suganuma, Y., Miura, H., Okuno, J., A new sampling method for surface exposure dating by using an electric powered rock cutter, Antarctic Record, 査読有り, Vol. 56, 2012, 85-90

http://ci.nii.ac.jp/els/110009493891.pdf?id=ART0009961524&type=pdf&lang=jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1402313702&cp=

Yamane, M., Yokoyama, Y., Miura, H., Maemoku, H., Iwasaki, S., Matsuzaki, H., The last deglacial history of Lützow-Holm Bay, East Antarctica, Journal of Quaternary Science, 査読有り, Vol. 26, 2011, 1-6

DOI: 10.1002/jqs.1465

Iizuka, Y., Miura, H., Iwasaki, S., Maemoku, H., Sawagaki, T., Greve, R., Satake, H., Sasa, K., Matsushi, Y., Evidence of past migration of the ice divide between the Shirase and Sôya drainage basins derived from chemical characteristics of the marginal ice in the Sôya drainage basin of East Antarctica, Annals of Glaciology, 査読有り, Vol. 56, 2010, 395-404

DOI: <http://dx.doi.org/10.3189/002214310792447707>

〔学会発表〕(計 19 件)

Miura, H., Okuno, J., Maemoku, H.

Well-preserved beach landform and sedimentary structure in East Antarctic coast affected by glacial-isostatic rebound. International Conference on Stratigraphy, Lisboa, 2013年7月3-5日

三浦英樹, 奥野淳一, 岩崎正吾, 菅沼悠介, 前空英明, 過去の氷床復元における地形学的方法の意義. 2013年日本地球惑星科学連合大会、幕張メッセ国際会議場、2013年5月24日

三浦英樹, 前空英明, 奥野淳一, 隆起海浜地形地質にもとづく最終氷期最盛期のグリーンランド氷床復元の再検討. 2013年日本地球惑星科学連合大会、幕張メッセ国際会議場、2013年5月20-21日

Miura, H., Okuno, J., Maemoku, H. Mid-to late Holocene melting of East Antarctic Ice Sheet based on a near-field relative sea-level change. Holocene Climate Change, The Geological Society of London, London, 2013年4月4-5日

Miura, H., The recent study of the Quaternary East Antarctic ice-sheet history by Japanese Antarctic Research Expedition., 第3回極域科学シンポジウム 横断セッション「海・陸・氷床から探る後期新生代の南極寒冷圏環境変動」、東京、2012年12月26-27日

三浦英樹, 前空英明, 奥野淳一, 隆起海浜地形・地質からみたグリーンランド氷床融解史の再評価、第31回極域地学シンポジウム. 第2回極域科学シンポジウム、東京、2011年11月14-18日

三浦英樹, 第四紀の東南極氷床変動史研究の現状と課題. 第2回極域科学シンポジウム、東京、2011年11月14-18日

三浦英樹, 奥野淳一, 菅沼悠介, 南極、セール・ロンダーネ山地における鮮新世以降の氷床変動とグレイシャルアイソスターによる山地隆起. 第31回極域地学シンポジウム、東京、2011年11月14-18日

三浦英樹, 太田晴美, 泉 紀明, 田中喜年, 菅沼悠介, 奥野淳一, 野木義史, 東南極の大陸棚上に認められる氷河地形の特徴・分布と最終氷期の東南極氷床の底面環境. 第31回極域地学シンポジウム、東京、2011年11月14-18日

Miura, H., Okuno, J., Iwasaki, S. Maemoku, H., East Antarctic ice sheet history derived from sea-level variations before the LGM, INQUA meeting, Swiss Confederation, 2011年7月20-27日

Miura, H., Okuno, J., Iwasaki, S. Maemoku, H., Marginal history of East Antarctic ice sheet derived from

glacial-marine geological stratigraphy and sea-level variations before LGM, UK, Edinburgh, 11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences, 2011年7月10-16日

三浦英樹, 太田晴美, 泉 紀明, 田中喜年, 菅沼悠介, 奥野淳一, 野木義史, 東南極の大陸棚上に認められる氷河地形の特徴と第四紀の陸上氷床変動史との関連性. 日本地球惑星科学連合 2011年大会、幕張メッセ、2011年5月20-25日

三浦英樹, 奥野淳一, 菅沼悠介, 南極セール・ロンダーネ山地における鮮新世以降の氷床融解とグレイシャルアイソスターによる山地隆起量の推定. 日本地球惑星科学連合 2011年大会、幕張メッセ、2011年5月20-25日

三浦英樹, 奥野淳一, 菅沼悠介, 後期新生代の南極氷床変動史に関する諸問題 - 地球惑星科学の中で氷床が存在する地域の「地形発達史」に期待されていること - . 2011年日本地理学会春季学術大会、明治大学、2011年3月29-31日

三浦英樹, 太田晴美, 泉 紀明, 菅沼悠介, 野木義史, 南極大陸棚上に認められる地形の特徴と第四紀の東南極氷床変動史-陸上地形地質の情報との関連性と今後の展望-, 第30回極域地学シンポジウム、国立極地研究所、東京、2010年12月2日

三浦英樹, 菅沼悠介, 橋詰二三雄, 奥野淳一, 南極セール・ロンダーネ山地の氷河地形発達史からみた 第四紀の地球環境変動における東南極氷床変動の役割についての一考察, 第30回極域地学シンポジウム、国立極地研究所、東京、2010年12月2日

三浦英樹, 菅沼悠介, 橋詰二三雄, 第四紀の環境変動において東南極氷床変動はどのような役割を果たしてきたのだろうか?-南極内陸山地の氷河地形発達史に基づく考察-, 日本第四紀学会 2010年大会、日本第四紀学会、東京、2010年8月20-21日

Miura, H., Iwasaki, S., Okuno, J., Maemoku, H.: Geological and geomorphological evidence for the mid-Holocene environmental changes and East Antarctic ice sheet fluctuation., 1st Antarctic Climate Evolution Symposium, SCAR, Granada, Spain, 2009年9月7-9日

三浦英樹, 岩崎正吾, 奥野淳一, 前空英明: 地形地質学的証拠から見た完新世中期の東南極氷床変動と氷床底環境, 日本地球惑星科学連合 2009年大会、幕張メッセ、2009年5月16-21日

6. 研究組織 (1) 研究代表者

三浦 英樹 (MIURA, Hideki)
国立極地研究所・研究教育系・助教
研究者番号：10271496

(2)研究分担者

菅沼 悠介 (SUGANUMA, Yusuke)
国立極地研究所・研究教育系・助教
研究者番号：70431898

大岩根 尚 (OIWANE, Hisashi)
国立極地研究所・研究教育系・特任研究員
研究者番号：80581363
(H22-25)

奥野 淳一 (OKUNO, Jun'ichi)
国立極地研究所・研究教育系・特任研究員
研究者番号：00376542
(H21-23 分担者、H24 より連携研究者)

川村 賢二 (KAWAMURA, Kenji)
国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号：90431478
(H21-23 分担者、H24 より連携研究者)