

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：62611

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500991

研究課題名（和文） 第四紀における東南極氷床高度の急激な低下の原因と影響の解明

研究課題名（英文） Deglaciation of East Antarctica Ice Sheet during the Quaternary and its response to the Earth's climatic system

研究代表者

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

研究成果の概要（和文）：

本研究では、東南極セール・ロンダーネ山地中部において現地調査に基づく氷床変動の痕跡の認定と、表面露出年代測定を行った。その結果、同地域では前期更新世以降に約 570m の氷床高度低下が起きた可能性が高いことが明らかになった。また、最終氷期以降では氷床融解が約 1.4 万年前に開始したことが示された。この結果は、東南極氷床融解が Meltwater Pulse 1A と呼ばれる急激な全球的海水準上昇に寄与しなかったことを示唆する。

研究成果の概要（英文）：

In this study, we reconstruct the precise magnitude and timing of ice sheet retreat at the Sør Rondane Mountains in Dronning Maud Land, East Antarctica, based on detailed geomorphological survey and cosmogenic exposure dating. Our data show ~570 m of ice sheet thinning in this region since early Pleistocene. The most recent deglaciation started at 14 ka, and may continue until today, suggesting that the EAIS of Dronning Maud land is unlikely to be a major contributor to Meltwater Pulse 1A.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：南極氷床・古環境復元・地形・地質学・地球システム変動学・地球温暖化・未来予測・第四紀学

## 1. 研究開始当初の背景

東南極氷床は、基底部が海面下にあるため海水準変動の影響を直接受ける西南極氷床に比べ、氷床先端以外は海洋から切り離されているため海水準変動の影響を直接受けな

い。従って、気候変動と南極氷床変動の関係をシンプルに理解するための絶好のフィールドである。Miura et al. (1999) などの一連の研究によると、東南極氷床縁辺部の挙動は必ずしも氷期・間氷期サイクルと同調した

ものではなく、独自のリズムで変動している可能性が示されている。これは、西南極氷床や氷期における北半球の氷床と同調して東南極氷床も変動するとした従来のモデル (Stuiver et al., 1981 の CLIP model) に対して問題点を提起し、東南極氷床変動が海水準や南大洋を起点とする海洋循環の変動を通して全球的な気候変動に影響を与えてきた可能性を示唆する。

しかし、大陸氷床の変動を定量的に議論するためには、氷床縁部 (面積) だけでなく、氷床高度 (高さ) から氷床の体積を求めることが不可欠である。この時、有効となるのは内陸山地 (表面露岩域) に残る氷床変動の痕跡 (氷河地形: 侵食地形面やティル・モレーンなど) である。例えば、現地調査により内陸山地に残される氷河地形の認定を行うことで、過去の氷床高度の変動を復元することができる。そして、後述の表面露出年代測定を用いて、その変動に対して正確な年代値を与える事により、詳細な東南極氷床高度変動史を復元することが可能となる。しかし、東南極の内陸部は現地調査の困難さもあり、氷床高度変動に関するデータは非常に限られていた。特に、広い露岩域と十分な高度差から本研究に最も適しているセール・ロンダーネ山地については、Moriwaki et al. (1992) による地形学調査、Imaizumi et al. (1992) による予察的な表面露出年代値の報告があるのみであり、氷床高度変動と地球気候システム変動の関係については議論されていない。そして、この報告以降、約 20 年間近く新たなデータは得られていなかった。

## 2. 研究の目的

大陸氷床の変動メカニズムとその地球気候システムの中で果たす役割を理解するためには、過去における極域の気候・氷床変動の復元が不可欠である。特に、第四紀において東南極氷床の高度が急激に低下した可能性が予察的に示されているが、このイベントの詳細・原因、そして地球気候システムとの関係は明らかになっていない。そこで本研究では、東南極内陸山地での地形・地質学調査を実施し、1) 氷床変動の痕跡 (氷河地形) の認定と、2) 表面露出年代測定により決定した露出年代から詳細な氷床高度変動史の復元を行う。そして、3) 絶対的な氷床高度変動量の推定と、その地球気候システム変動への影響を解明することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 氷河地形解析と風化度評価

セール・ロンダーネ山地での現地調査によって取得した氷河地形・地質データと、空中写真判読に基づき、詳細な氷河地形の認定・マッピングを行った。また、高精度の GPS

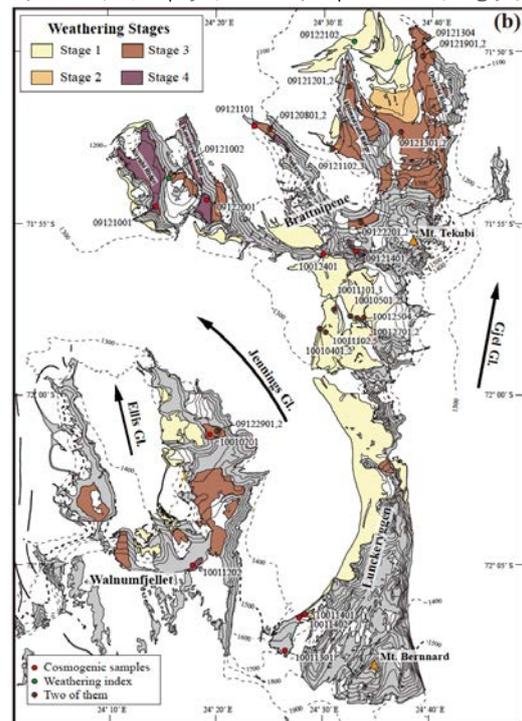
測量を行い、氷床高度復元の精度を向上させた。さらに、露岩試料の表面形状、酸化度、および化学風化から風化・侵食を評価し、表面露出年代測定に適した試料の選別を行った。

### (2) 表面露出年代測定

表面露出年代測定は、二次宇宙線の照射により露岩の石英中に生成される宇宙線生成核種の濃度から露出年代を求める方法で、年代決定法の乏しい南極の露岩地域において最も有効な年代決定法である。しかし、既存の研究では、露岩に対する風化・侵食の評価が不確定要素となっており、議論となっている。そこで本研究では、現地調査に基づく詳細な産状記載と酸化・化学風化度から風化・侵食評価を行った。一方、従来から表面露出年代測定に用いられてきた  $^{10}\text{Be}$  に加えて、半減期が異なる他の元素 ( $^{26}\text{Al}$ ) を利用することで、各核種の存在比を基にした風化・侵食の評価も試みた。そして、これらの結果に基づき風化・侵食評価を総合的に判断することで、表面露出年代測定に最も適した露岩試料を選別し、より精密な露出年代を提供した。

### (3) 絶対的な氷床高度復元

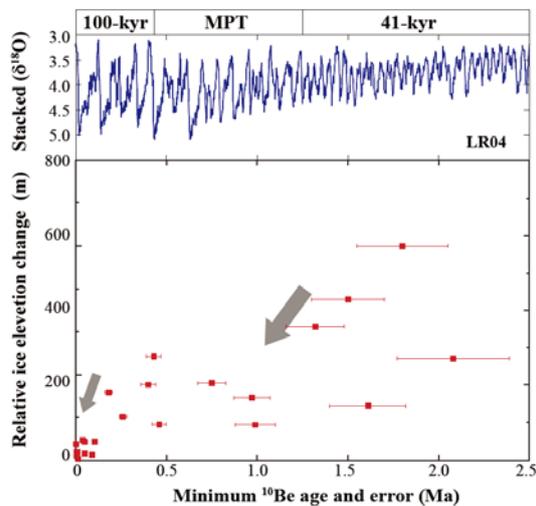
大規模な氷床高度の変動は、固体地球のアイソスタティックコンディションにも大



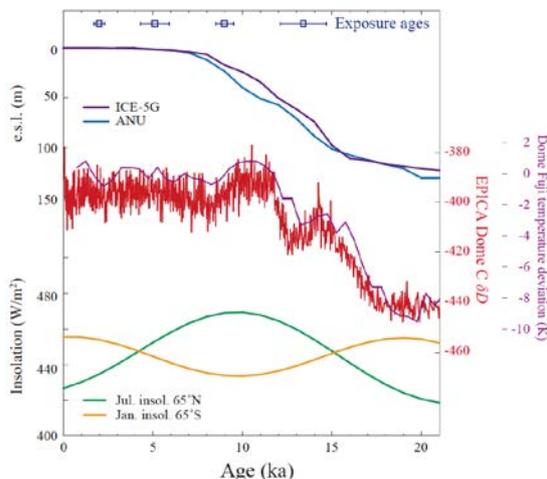
きな影響を与える。この効果を可能な限り正確に見積もり、絶対的な氷床高度変動量を復元するために、Glacial Isostatic adjustment (GIA) モデリング (共同研究) を行った。また、この結果に基づき氷床変動量 (ボリューム) を求めた。そして、東南極氷床高度の急激な低下のタイミングと、その地球規模の気候システム変動への影響を考察した。

#### 4. 研究成果

本研究では、セール・ロンダーネ山地中部の詳細な現地調査に基づき、氷河地形の認定と氷河堆積物の風化度評価を行った。そして、



この結果に従い、氷河堆積物の4つの風化度ステージに区分し、氷河地形分類図を作成した(前ページ図)。この結果、東南極氷床高度が段階的に低下した可能性を示した。そして、この氷床高度の低下イベントに年代軸を与えるため、基盤岩・迷子石試料を用いて表面露出年代測定を行った。岩石の前処理をニュージーランドのカンタベリー大学で、 $^{10}\text{Be}$ の加速器質量分析をGeological Nuclear Science, NZで行い、計24地点における詳細な表面露出年代値を明らかにした。この結果は、氷河堆積物の風化度ステージ分けと非常に整合的であり、セール・ロンダーネ山地における東南極氷床高度が、過去200万年間に約560m低下した可能性が高いこと、特に急激な氷床高度低下が中期更新世に起きたことが示された(左上図)。



一方、風化度ステージ1,2に対応する氷河堆積物が酸素同位体ステージ5以降の温暖期に堆積したこと、さらに、最終氷期(LGM)

以降では氷河堆積物の堆積が約14000年前以降に始まったことが明らかになった。この事は、東南極氷床の融解はMeltwater Pulse 1A (Clark et al., 2002)の急激な全球的海水準の上昇には寄与しておらず、その後緩やかに融解をしていることを示し、他の東南極氷床から報告された結果) Mackintosh et al., 2007; 2011)と整合的である(左下図)。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 菅沼悠介, 金丸龍夫, 大岩根尚, 齋田宏明, 赤田幸久, 東ドロンイングモードランド, セール・ロンダーネ山地地学調査隊報告2011-2012 (JARE-53), 南極資料, 査読無, 2013, 381-433
- ② 土屋範芳, 石川正弘, Satish Kumar, 河上哲生, 小島秀康, 海田博司, 三浦英樹, 菅沼悠介, 阿部幹雄, 佐々木大輔, 千葉政範, 岡田豊, 東ドロンイングモードランド, セール・ロンダーネ山地地学調査隊報告2009-2010 (JARE-51), 南極資料, 査読無, 56, 2013, 295-379
- ③ Suganuma Y., Miura H., Okuno J., A new sampling technique for surface exposure dating using a portable electric rock cutter, Antarctic Record, 査読有, 56, 2012, 85-90

[学会発表] (計6件)

- ① Suganuma, Y., Miura, H., Zondervan, A., Glacial history of Sor Rondane Mountains in Dronning Maud Land, East Antarctica introduced by geomorphology and surface exposure ages, 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11月
- ② 菅沼悠介, 三浦英樹, Albert Zondervan, 東南極セール・ロンダーネ山地における更新世以降の氷床変動史の復元. 日本地質学会118年学術大会, 茨城, 2011年9月
- ③ 菅沼悠介, 地磁気強度を用いた海底堆積物とアイスコアの高精度年代対比手法の確立. 日本地球惑星科学連合2011年大会, 幕張メッセ, 2011年5月(招待講演)
- ④ Suganuma, Y., Miura, H., Zondervan, A., Deglaciation history of Sor Rondane Mountains in Dronning Maud Land, East Antarctica: a geomorphologic reconstruction supported by surface exposure age observations, 11th

International Symposium on Antarctic  
earth Sciences, Edinburgh, Scotland,  
July, 2011.

- ⑤ Suganuma, Y., Miura, H., Zondervan, A. ,  
The glacial history of Sør Rondane  
Mountains in Dronning Maud Land, East  
Antarctica、日本地球惑星科学連合 2011  
年大会, 幕張メッセ, 2011年5月
- ⑥ Suganuma, Y., Miura, H., Zondervan, A. ,  
Deglaciation history of Sør-Rondane  
Mountains in Dronning Maud Land, East  
Antarctica, AMS-12, GNS Science,  
Wellington, New Zealand, 2011. 3.  
20-25.

[その他]

ホームページ等

<http://polaris.nipr.ac.jp/~suganuma/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

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

### (2) 研究分担者

三浦英樹 (HIDEKI MIURA)

国立極地研究所・研究教育系・助教

研究者番号：10271496

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：